321

Anleitung

zu

physikalischen Versuchen

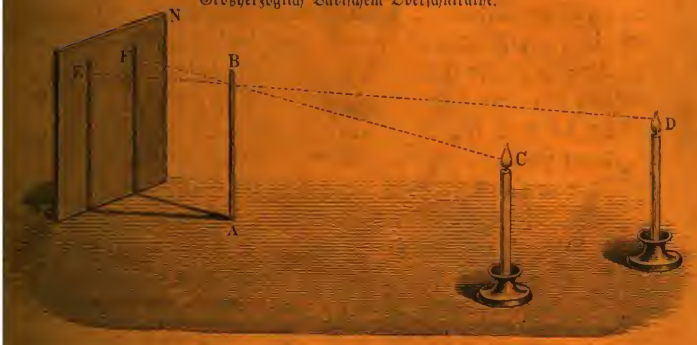
in der

Volksschule.

3

Von

Dr. Joseph Frick,
Großherzoglich Badischem Oberschulrathe.



Mit 134 in den Text eingedruckten Holzstichen.

Braunschweig,
Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.
1867.

9

Ankündigung.

Seine gegenwärtige dienstliche Stellung hat dem Verfasser dieser wenigen Bogen die Ueberzeugung beigebracht, daß unsere Volksschulen der Anforderung der Zeit, wonach sie den Kindern nicht nur Lesen, Schreiben und Rechnen, sondern auch eine gewisse Summe von anderweitigen Kenntnissen aus den sogenannten Realien beibringen sollen, nicht in gewünschter Weise entsprechen. Wenn der Verfasser aber dabei auch die Ueberzeugung gewonnen hat, daß die Anforderungen Erwachsener an die Volksschule in dieser Beziehung sehr oft wohl dem Gefühl des Bedürfnisses aber nicht einer richtigen Erkenntniß dessen, was in dem Alter der Zöglinge und in der gegönnten täglichen Unterrichtszeit erreichbar ist, entsprechen; so glaubt er doch, daß in der auf die Realien verwendeten Zeit in unsern Schulen mehr geleistet werden könnte als gegenwärtig der Fall ist, wenn der Unterricht mehr auf Anschauung gegründet würde.

Da er nun selbst viele Jahre lang als Lehrer genöthigt war, einen Theil seiner physikalischen Apparate selbst anzufertigen, so wollte er durch diese Schrift zeigen, wie dem erwähnten Mangel wenigstens auf einer Seite abgeholfen werden könnte.

Er hat sich dabei auf das Nothwendigste beschränkt um die Schrift jedem Lehrer zugänglich zu machen und die Verlagshandlung hat dieselbe in gewohnter Weise mit vorzüglichen Figuren ausgestattet.

133

8707. 66b. 31
3.

Anleitung

zu

physikalischen Versuchen

in der

Volksschule.

Holzſtiche
aus dem xylographiſchen Atelier
von Friedrich Vieweg und Sohn
in Braunſchweig.

Papier
aus der mechaniſchen Papier-Fabrik
der Gebrüder Vieweg zu Wendhauſen
bei Braunſchweig.

Anleitung

zu

physikalischen Versuchen

in der

Volksschule.

Von

Dr. Joseph Frick,
Großherzoglich Badischem Oberschulrathe.

Mit 134 in den Text eingedruckten Holzstichen.

Braunschweig,
Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.
1867.

Die Herausgabe einer Ueberſetzung in franzöſiſcher und engliſcher Sprache, ſowie in anderen modernen Sprachen wird vorbehalten.

Vorrede.

Es ist allseitig anerkannt, daß die elementare Volksschule in ihren Oberclassen dem Unterrichte in den sogenannten Realien mehr Rücksicht tragen müsse, als es seither meistentheils der Fall war. Soll aber dieser Unterricht wirklich Erfolg haben, so darf er nie darin bestehen, daß der Lehrer nur etwa aus einem gedruckten oder dictirten Hefte auswendig lernen läßt; selbst dann wird nur geringer Erfolg erzielt werden, wenn sich der Lehrer alle Mühe giebt, die Sache durch Worte oder durch Zeichnungen zu erklären. Der ganze Unterricht muß wenigstens in seinen Elementen auf Anschauung gegründet und es können nur die so erlangten Grundbegriffe durch Zeichnungen in einzelnen Punkten erweitert werden.

Die Mittel nun, welche den Volksschulen zur Anschaffung des erforderlichen Apparates zur Verfügung stehen, sind in der Regel äußerst spärlich zugemessen. Bei dem physikalischen Unterrichte kann sich aber der Lehrer ohne besondere Kunstfertigkeit und mit sehr geringen Unkosten sehr viele Demonstrationsapparate verschaffen. Erfahrung hat mich jedoch belehrt, daß dieses nur ausnahmsweise geschieht, und zwar nicht darum,

weil es dem Lehrer an gutem Willen dazu fehlt, sondern weil er sich nicht zu helfen weiß. Aus diesem Grunde habe ich die vorliegende kleine Schrift verfaßt, die zum Theile aus meiner physikalischen Technik (Dritte Auflage, Braunschweig, Friedr. Vieweg u. Sohn) ausgezogen ist. Ich habe mich dabei auf das Allernöthigste beschränkt, um der Schrift möglichst allgemeinen Eingang in alle Schulen zu verschaffen. Die Gränzen sind allerdings schwer zu bestimmen, und ich mußte dabei auch erweiterte städtische Schulen im Auge behalten. Daß auch das Nöthigste über chemische Versuche nicht übergangen werden durfte, wenn man den Lehrer nicht zur Anschaffung einer besonderen Anleitung hierfür veranlassen wollte, wird wohl keiner besonderen Rechtfertigung bedürfen.

Für den Lehrer, dem seine Gemeinde jährlich 5 bis 10 Gulden zur Verfügung stellt, wird das hier Gebotene nach einigen Jahren kaum reichen; aber dann hat derselbe auch soviel Arbeitsfähigkeit erlangt, daß er sich leicht weiter forthelfen kann.

Ich gebe gern zu, daß nicht jeder strebsame Lehrer geneigt ist, sich gerade mit diesen Arbeiten zu beschäftigen, und daß es ebenso löblich ist, sich mit irgend einem anderen Zweige des Unterrichts eingehend zu beschäftigen und den dafür erforderlichen Lehrapparat zu sammeln. Solche Lehrer sind dann auf das Kaufen der physikalischen Apparate angewiesen, und es wird bei gleichen Mitteln zwei- und dreimal so lange dauern, bis das Nöthigste nach und nach angeschafft ist, als beim Selbstmachen. Es dürfte aber auch umgekehrt für jene Lehrer, welche sich nach und nach auf das Anfertigen solcher Schulapparate eingearbeitet haben, aus deren Verkauf an ihre Collegen ein nicht zu verachtender Nebenverdienst erwachsen. Wenn nur jeder Lehrer in irgend einem Fache etwas leisten würde,

so müßte, da bei dem Wechsel der Personen auch die Neigungen wechseln, doch jede Schule innerhalb eines mäßigen Zeitraums zu dem erforderlichen Lehrapparate gelangen.

Manchem wird es scheinen, es seien hier an die Handfertigkeit des Einzelnen zu große Anforderungen gemacht; allein wer sich mit Liebe an die Handhabung der paar einfachen Werkzeuge macht, die hier vorausgesetzt werden, wird bald mit Verwunderung finden, wie viel man mit geringen Hülfsmitteln zu Stande bringen kann.

Eine Naturlehre für Volksschulen wollte ich hier nicht schreiben, weder für die Hand des Lehrers noch für die Hand der Schüler. Für beide Zwecke existiren viele Schriften; freilich rühren die für die Schüler bestimmten besonderen Schriften oder die in Lehrbüchern enthaltenen Abschnitte über Naturlehre leider nicht immer von ganz sachverständiger Hand her. Ich setze voraus, daß der Lehrer aus irgend einem guten Buche die erforderlichen gründlichen Kenntnisse in den Elementen der Naturlehre erworben und durch Nachdenken und wohl auch einige mißlungene Unterrichtsproben sich darüber Klarheit verschafft habe, wie weit er in diesem einzelnen Unterrichtszweige gehen darf. Selbst an erweiterten Volksschulen wird man nicht alljährlich alle hier beschriebenen Versuche machen; ich wollte absichtlich hier dem Lehrer auch einigen Spielraum lassen.

In wiefern es mir nun gelungen ist, bei diesem ersten Versuche das rechte Maß zu treffen, wird die Erfahrung zeigen, und ich werde gern jeden mir zukommenden Wink zu künftigen Verbesserungen benutzen.

Carlsruhe, im Mai 1867.

Der Verfasser.

Inhalts-Uebersicht.

		Seite
Erster Abschnitt.	Von der Aufbewahrung der Apparate und Anleitung zu verschiedenen Arbeiten	1
Zweiter Abschnitt.	Einige chemische Versuche	21
	Sauerstoff	25
	Wasserstoff	28
	Stickstoff	29
	Kohle und Kohlensäure	30
Dritter Abschnitt.	Vom Gleichgewichte und der Bewegung	32
	Kräfteparallelogramm	32
	Schiefe Ebene	36
	Schraube	37
	Rollen	38
	Hebel	38
	Rad an der Welle	39
	Schwerpunkt	40
	Aufgehängte Körper	40
	Standfestigkeit	41
	Wage	41
	Elasticität	43
	Adhäsion	44
	Freier Fall	45
	Schwungkraft	46
	Pendel	46
	Mittheilung der Bewegung	47

		Seite
	Reibung	48
	Fortpflanzung des Druckes bei tropfbaren Flüſſigkeiten	49
	Anatomiſcher Heber	50
	Communicirende Gefäße	51
	Schwimmende Körper	51
	Untergetauchte Körper	53
	Carteſianiſcher Taucher	54
	Specifiſches Gewicht	54
	Aräometer	55
	Haarröhrchen	56
	Ausfluß des Waſſers	56
	Rückſtoß	57
	Verſuch von Toricelli und Barometer	57
	Mariotte'ſches Geſetz	60
	Luftpumpe	61
	Heber	70
	Heronsball	71
	Stechheber	72
	Zaubertrichter	72
	Pumpen	73
	Luftballon	73
Vierter	Abſchnitt. Vom Schalle	75
	Entſtehung des Schalles	75
	Fortpflanzung des Schalles	76
	Längenſchwingungen	76
	Mittönen	77
Fünfter	Abſchnitt. Vom Lichte	78
	Abnahme der Lichtſtärke mit der Entfernung und Photometer	78
	Spiegel	79
	Brechung	81
	Gänzliche Zurückwerfung	81
	Prismen	83
	Linſengläſer	85
	Das Auge	86
	Stereoſkop	87
	Camera obscura	88
	Aſtronomiſches Fernrohr	89

Seite

Sechster Abschnitt. Magnetismus 91
Herstellung von Magneten 91
Aufbewahrung derselben 93
Abweichung und Mittagslinie 93
Neigung 95
Siebenter Abschnitt. Elektricität 97
A. Reibungselektricität 97
Hollundermark und Seide 97
Glas und Guttapercha 98
Amalgam 99
Fundamentalversuche 100
Elektrometer 102
Elektrisirmaschine 104
Isolirschemel 106
Elektrische Versuche 106
Leydener Flasche und Auslader 109
Elektrophor 111
B. Berührungselektricität 115
Drahtklemmen 115
Galvanische Ketten 116
Das Amalgamiren des Zinks 117
Einwirkung auf die Magnetnadel 118
Elektromagnete 119
Telegraph 120
Achter Abschnitt. Von der Wärme 122
Thermometer 122
Ausdehnung der Körper 123
Latente Wärme 125
Kältemischungen 125
Siedepunkt 125
Dampfmaschinen 126

Erſter Abſchnitt.

Von der Aufbewahrung der Apparate und Anleitung zu verſchiedenen Arbeiten.

§. 1. Für die Aufbewahrung der verfertigten oder erkauften Apparate iſt ein gut ſchließender Kaſten nöthig, damit dieſelben vor Staub bewahrt werden und ſtets in dienſtfertigem Stande ſich befinden. Ein ſolcher Kaſten iſt um ſo nöthiger, als derſelbe wohl ſelten wo anders als im Schulzimmer aufgeſtellt werden kann.

Jeder Apparat ſowie jedes Werkzeug muß nach dem Gebrauche wieder vollſtändig gereinigt werden, ehe daſſelbe in den Kaſten gebracht wird. Sorgfalt in der Behandlung der einmal erworbenen Apparate iſt die erſte Bedingung, um nach und nach zu einer vollſtändigen Einrichtung zu gelangen und nur reinliche und ſtets dienſtfertige Apparate laden zum fleißigen Gebrauche derſelben ein.

§. 2. **Werkzeuge.** Die erſten Mittel, über welche der Lehrer verfügen kann, müſſen auf Anſchaffung von einigem Werkzeug verwendet werden. Allein auch hierin wird man für den allererſten Anfang ſich mit ſehr Wenigem begnügen können und erſt nach und nach ſich vollſtändiger einrichten. Für den Anfang werden folgende Dinge ausreichen:

1. Ein kleiner Hammer, dessen Bahnen gut verstählt sind; keine Feile darf sie angreifen können.

2. Eine kleine Beißzange um Draht abzukneipen; sie darf auch bei hartem Drahte keine Eindrücke an ihren Schneiden annehmen; sie darf aber dann auch nicht gebraucht werden um alte oder große Nägel damit auszuziehen; hierfür kann irgend ein altes Werkzeng der Art gebraucht werden.

3. Zwei Drahtzangen, eine flache und eine spitzige; man muß hier ebenfalls auf gute Waare sehen. Die Backen müssen wenigstens bei der flachen hart sein; jene der Spitzzangen sind manchmal spröde und brechen leicht ab, es ist darum wohl gut die Spitzen durch Erwärmen vom Gelenke aus dunkelgelb anlaufen zu lassen (siehe unten).

4. Einige Holzbohrer von verschiedenem Durchmesser.

5. Zwei kleine flache Feilen, die eine mit Bastardhieb, die andere mit Schlichthieb.

6. Eine Rundfeile mit Schlichthieb.

7. Eine halbrunde und eine ganz runde Raspel, beide mit feinem Hieb.

Hiermit wird man schon sehr Vieles machen können. Später wird man zunächst einen kleinen Schraubstock anschaffen, an dem sich ein kleiner Ambos befindet nebst Feilkloben, und dann eine Vorrichtung zum Bohren in Metall, wovon unten das Nähere folgen soll. Ueberhaupt wird man mit der Anschaffung von weiteren Werkzeugen nicht eilen, sondern immer nur das Nothwendigste anschaffen, indem auch hier das Selbstmachen nicht weniger Freude und Befriedigung gewährt als bei den Apparaten selbst.

Werkzeuge allein genügen freilich nicht, man muß auch eine gewisse Arbeitsfertigkeit erlangen. Uebung macht hierbei Vieles, aber nicht Alles; gar manche Vortheile und Handgriffe muß man von den betreffenden Handwerkern erlernen und deshalb ihre Werkstätten besuchen und namentlich wenn man etwas zu bestellen hat, sich nach Allem sorgfältig umsehen und sich durch Fragen die nöthige Belehrung verschaffen. Man findet in der Regel hierfür

große Bereitwilligkeit. Für einige Arbeiten, zu deren Erlernung sich nicht überall Gelegenheit findet, folgen hier die nöthigsten Anweisungen.

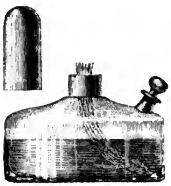
§. 3. Außer den Werkzeugen im eigentlichen Sinne bedarf man sowohl zum Arbeiten als beim Unterrichte verschiedener Maße und Gewichte. Allein dieselben brauchen nicht mit besonderer Genauigkeit verfertigt zu sein; es genügt die Genauigkeit, welche die geaichten Maße und Gewichte im bürgerlichen Leben haben. Cubikmaße für Flüssigkeiten sind nicht nöthig, da hierfür immer die gebräuchlichen Hohlmaße gebraucht werden können, wenn man ihr Verhältniß zum Cubikmaße und zur Gewichtseinheit kennt. So ist z. B. eine badische Maß Wasser $= 1{,}5$ Liter $= \frac{1}{18} = 0{,}0555$ Cubikfuß und wiegt 3 Pfund $= 1{,}5$ Kilogramm, und man wird also die Maß, beziehungsweise den Schoppen, immer zur Bestimmung von Cubikmaß und zur Bestimmung des Gewichtes einer gewissen Menge Wassers gebrauchen können.

§. 4. Glasröhren bilden einen bei physikalischen Apparaten vielfach verwendbaren Gegenstand, namentlich bei den hier zu berücksichtigenden Verhältnissen. Viele Apparate lassen sich aus Kork, Draht und Glasröhren auf einfache und für die Demonstration genügende Weise zusammensetzen, die man sonst — allerdings dann schöner und bequemer — nur um theures Geld erwerben könnte. Glasröhren findet man in den Glashandlungen der größeren Städte überall und man muß dieselben daher gelegentlich kaufen und sich die Adressen zu ferneren brieflichen Bestellungen merken. Meistens muß man dünnwandige Röhren auswählen; wo dieselben aber als Stützen u. dgl. an Stativen verwendet werden sollen, dürfen sie schon ziemlich dickwandig sein.

§. 5. Zu vielen physikalischen Versuchen insbesondere zu der nun folgenden Behandlung des Glases bedarf man der Erhitzung; man benutzt hierzu am zweckmäßigsten eine Weingeistlampe. Für die

meisten Fälle reicht hierzu die überall käufliche einfache Lampe von Glas mit blechernem Deckel aus — Glasdeckel springen gern —, Fig. 1. Beim Kaufe erhält man meistens einen aufgeschliffenen Glasdeckel mit; er läßt sich wohl lange erhalten, wenn man ihn nie auf die noch heiße Brennöffnung aufsetzt; springt derselbe doch, so läßt man sich einen gut schließenden Deckel von Blech machen. Stärkere Erhitzung kann man durch eine gewöhnliche Argand'sche Lampe mit seitlichem Gefäß erhalten, wenn man anstatt des gläsernen ein kurzes Kamin aus Schwarzblech aufsetzt und Weingeist statt des Oeles brennt. Auch an dieser muß die Brennöffnung durch einen Blechdeckel verschlossen werden können.

Fig. 1.



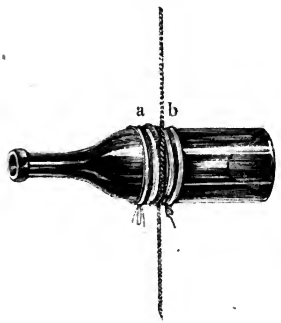
§. 6. Sollen Stücke von Glasröhren abgeschnitten werden, die nicht über 3 bis 4 Linien dick sind, geht dieses leicht dadurch, daß man an der Bruchstelle mittelst einer dreikantigen feinen Feile einen Strich macht und dann nur ohne Weiteres bricht, indem man beide Daumen mit den Nägeln dem Feilstrich gegenüber ansetzt und mit beiden Händen langsam die Glasröhre so zu biegen sucht, daß der Feilstrich die convexe Seite einnimmt. Der scharfe Rand der abgebrochenen Stelle wird dadurch beseitigt, daß man das Ende in der Weingeistlampe erhitzt, wobei die Ecken leicht glühend werden und sich abrunden. Bei dickeren Glasröhren aber feilt man unter Befeuchtung mit Terpentinöl ringsum oder verfährt auf folgende Weise. Man erhitzt die Bruchstelle ringsum dadurch, daß man dieselbe auf einem glühenden Eisen schnell herumdreht und dann einen Tropfen Wasser auf die erhitzte Stelle bringt. Am besten eignet sich hierzu ein eiserner Ring, der von einer zweiten Person gehalten wird, welche auch parat ist, mit einer Glasröhre schnell den Tropfen Wasser aufzubringen. Erhält das Glas hierbei nur einen Sprung, so kann man ein glühendes Eisen an dem Ende des Sprunges an-

setzen und vor demselben herfahrend ihn in beinahe beliebiger Richtung weiterführen.

Für cylindrische Gegenstände dürfte jedoch folgende Methode des Erhitzens zweckmäßiger sein. Man bindet auf jede Seite der Stelle, an welcher das Glas abgesprengt werden soll, einen etwa $^1/_2$ bis 1 Zoll breiten und auf die Dicke einer Linie zusammengelegten Streifen von Papier mittelst Bindfaden fest, so daß zwischen diesen beiden Papierwülsten das Glas je nach seiner Dicke und Größe nur eine halbe bis höchstens eine ganze Linie frei bleibt, und also eine Rinne zwischen den beiden Papierwülsten gebildet wird (Fig. 2).

Man nimmt nun einen guten Bindfaden, bei stärkeren und größeren Gläsern höchstens eine linienbicke aber festgedrehte gute Schnur, die so lang ist, daß, wenn dieselbe in der Rinne um das Glas und an jedem Ende um die Hand geschlungen ist, doch noch etwa 1 bis 3 Fuß übrig bleiben. Halten nun ihrer Zwei, Jeder mit einer Hand, das Glas auf den Rand eines Tisches und fassen mit der anderen die einmal um das Glas geschlungene Schnur und ziehen diese straff angespannt abwechselnd um das Glas hin und her, so erhitzt sich die geriebene Stelle bald so stark, daß die Schnur abbrennt, und nun gießt man bereit gehaltenes Wasser darüber. Das Glas springt in der Regel sehr eben ab, und desto ebener, je knapper die Rinne zwischen dem Papiere zur Schnur paßte.

Fig. 2.



Wenn man von einem Rande ausgehen kann, um das Glas abzunehmen, namentlich aber wenn das Glas schon einen Sprung hat, so kann man sich zum Erhitzen viel vortheilhafter der Sprengkohle bedienen als des glühenden Eisens. Sprengkohlen erhält

man auf folgende Weiſe: 1 Quentchen Traganthpulver wird in ſo viel kochendem Waſſer gelöst, daß der entſtandene Schleim den Raum von 8 Loth Waſſer einnimmt; ſodann löst man $1/2$ Quentchen Benzoepulver in nur ſo viel ſtarkem Weingeiſt auf, als zur Löſung erforderlich. Beide Löſungen werden zuſammengemiſcht und nun in einer Reibſchale ſo viel fein gepulverte und durchgeſiebte buchene Holzkohle darunter geknetet, daß man daraus einen plaſtiſchen Teig erhält; die Maſſe muß vor dem Ausrollen noch etwas feuchter ſein, als Pillenmaſſe zu ſein pflegt. Aus dieſem Teige rollt man nun faſt ohne allen Druck mit einem Brettchen $1\,1/2$ bis 2 Linien dicke und 3 bis 4 Zoll lange Stängelchen aus, welche langſam getrocknet werden. Zündet man ein ſolches Stängelchen an, ſo brennt es ſpitzig und glimmt wie die Rauchkerzen fort. Beim Gebrauche hält man die glühende Spitze ohne Druck an das Ende des ſchon vorhandenen Spaltes, indem man das Stängelchen in der Richtung gegen das Glas neigt, in welcher der Sprung fortgeführt werden ſoll; man rückt nun mit der Sprengkohle, ſo wie der Spalt dieſer folgt, in einer ſchwach gebogenen Linie allmälig in der Richtung, in welcher man das Glas abſprengen will. Dieſe Richtung zeichnet man etwa mit Kreide oder Dinte vorher auf das Glas. Man muß das Kohlenſtängelchen öfters abheben und anblaſen, weil es auf der Stelle, wo es das Glas berührt, durch Abkühlung erliſcht. Gewöhnlich kann man den Spalt nicht ringsum führen; er folgt der Kohle nicht mehr, wenn man bis auf etwa eine Linie ſich dem Anfange genähert hat, und man muß den Reſt abbrechen.

Hat das Glas noch keinen Spalt, ſo kann man am Rande mit der Feile oder beſſer mit dem Diamant einen Strich machen und die Kohle daran halten, indem man durch Blaſen ſie etwas lebhafter brennen macht. Es gelingt faſt immer, einen Spalt zu Stande zu bringen. Auf dieſe Weiſe kann man in dem Rande eines dünnen Schoppenglaſes einen Spalt machen und dieſen dann ſpiralförmig um das Glas herumführen. Das Glas läßt ſich dadurch in einen $1\,1/2$ bis 2 Linien breiten ſpiralförmigen Streifen

zerschneiden, der sich ziemlich strecken läßt, wenn man das Glas am oberen Rande und am Boden faßt.

§. 7. Um Glasröhren zu biegen, erhitzt man dieselben unter fleißigem Drehen über der Weingeistlampe, zuletzt etwas mehr auf der Seite, welche concav werden soll. Das Biegen muß langsam und ohne Gewalt geschehen; giebt die Glasröhre nicht leicht nach, so wird sie stärker erhitzt. Nie biegt man Glasröhren in einem scharfen Winkel, sondern stets in einem kleineren oder größeren Bogen; man erhitzt dieselben darum mehrmals an den aufeinander folgenden zur Biegung bestimmten Stellen. Bei einer schön gebogenen Glasröhre müssen beide Schenkel in einer Ebene liegen, und sie darf weder auf der convexen Seite Einsenkungen noch auf der concaven aufgestauchte Wülste zeigen. Nach dem Biegen hält man sie noch einige Zeit über die Flamme und entfernt sie nur langsam, damit sie sich langsam abkühle und nicht so leicht springe. Dickwandige Glasröhren müssen auch sehr langsam erhitzt werden, sonst springen sie ebenfalls.

§. 8. Soll eine Röhre an einer Stelle dünn ausgezogen werden, so hält man sie mit beiden Händen horizontal und erhitzt sie unter fleißigem Drehen auf eine breite Strecke; ist sie ringsum gleichförmig erhitzt, so zieht man sie außer dem Feuer beliebig weit auseinander, und zwar ziemlich rasch, wenn sie zu einem dünnen Faden ausgezogen werden soll. Je schmäler die erhitzte Stelle war, desto kürzer werden die kegelförmigen Verjüngungen beider Enden. War die Glasröhre dünnwandig, so ist es zweckmäßig, sie unter recht gleichförmiger Erhitzung zuerst etwas zusammensinken zu lassen, wodurch die Oeffnung enger und die Wand stärker wird, wo dann auch die ausgezogene Spitze trotz sehr enger Oeffnung noch eine gewisse Stärke behält. Soll an einer Stelle die Glasmasse mehr angehäuft werden, ohne daß eine Verengerung eintritt, so schiebt man die sehr erhitzte Röhre von beiden Seiten zusammen; da aber hier gewöhnlich auch eine Verengerung eintritt,

ſo muß man das eine Ende verſchließen und die gehörige Weite der Röhre durch Aufblaſen wieder herſtellen.

§. 9. Wenn man Glas ſtärker erhitzen will, etwa um eine Kugel aufzublaſen, ſo muß man ein Blasrohr anwenden. Man zieht zu dem Ende eine Glasröhre dünn aus, bricht ſie ab und hält die Spitze in das Feuer; die Oeffnung wird ſich abrunden und verengern, man erhält dieſelbe aber durch ein geſpitztes Drahtſtück auf einer Weite von 1 Millimeter. In keinem Falle darf die Oeffnung nach außen erweitert werden. Zuletzt giebt man ihr die Form wie Fig. 3 und bindet ſie an irgend ein Stativ, ſo daß ihre Oeffnung gerade über den Docht der Weingeiſtflamme gerichtet iſt und dieſe in horizontaler Richtung brauſend zur Seite treibt. Meiſtens muß man hierfür den Docht durch ein Eiſenſtäbchen in zwei Theile auseinanderſchieben und den Wind über die Furche hergehen laſſen. Sehr zweckmäßig iſt es, an das Glasrohr erſt ein etwa 1 Zoll langes Röhrchen aus vulcaniſirtem Kautſchuk und in dieſes nochmals ein etwa 1 Zoll langes, am Ende gut abgerundetes Stück einer Glasröhre zu ſtecken. Fig. 4 zeigt ein ſehr einfaches Stativ für die Befeſtigung eines ſolchen Blasrohres. Dasſelbe wird an den Tiſch geſchraubt und die Röhre in dem geſchlitzten Aufſatze *b* durch die Schraube

Fig. 3.

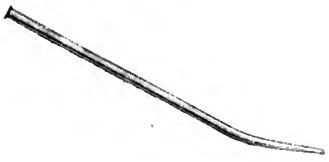
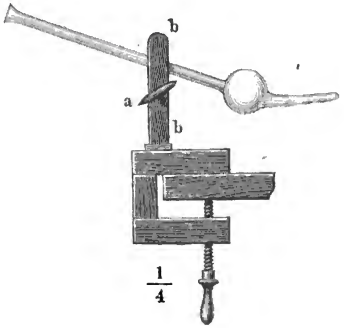


Fig. 4.

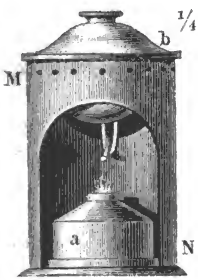


a gehalten. Das Ende eines solchen Blasrohres darf nicht im Feuer bleiben, wenn man aufhört zu blasen, weil es sich sonst leicht verengt. Sehr zweckmäßig ist es, der Röhre die in Fig. 4 abgebildete Gestalt zu geben, wozu der folgende Paragraph die Anleitung enthält; es setzt sich dann in der Kugel die vom Blasen herrührende Feuchtigkeit ab, die sonst wenigstens bei längerem Blasen sehr störend wird. Ein metallenes Löthrohr mit eiserner Spitze ist freilich einem gläsernen vorzuziehen, aber für die hier berücksichtigten Verhältnisse viel zu theuer.

§. 10. Ist man einmal weiter in diesen Arbeiten vorgerückt und möchte, wenn auch nur für nicht lange dauernde Arbeiten, stärkeres Feuer haben, so ist hierfür die Löthlampe der Klempner zu empfehlen.

Fig. 5 zeigt eine solche in etwa $^1/_4$ oder $^1/_5$ der natürlichen Größe.

Fig. 5.



In einem Cylinder *MN* aus Schwarzblech, der oben herum eine Reihe kleiner Oeffnungen hat, ist ein Ring von $^1/_4$ Zoll Höhe auf dem Boden befestigt, um der Weingeistlampe *a* ihren richtigen Platz zu geben. Oben in den Cylinder *MN* wird das aus starkem Messingblech getriebene Gefäß *b* eingesetzt, welches eine mit einer Schraube verschließbare Oeffnung und ein gebogenes Rohr erhält. Für letzteres ist hinten im Cylinder ein Schlitz eingeschnitten und für den Austritt der Flamme und das Einführen der Lampe vorn eine gehörig große Oeffnung. Die etwa 1 Millimeter weite Oeffnung des Blasrohrs ragt bis nahe an die Flamme der Weingeistlampe, und zwar in der Mitte zwischen dem Docht der Lampe *a* und dem Boden von *b*. Das

Fig. 6.

Gefäß *b* ist in Fig. 6 (a. v. S.) noch besonders abgebildet und könnte auch anstatt mit einer Deckelschraube durch Korkstöpsel verschlossen werden. Ein gehörig aufgesetzter Korkstöpsel, der aber öfter erneuert werden muß, könnte auch als Sicherheitsventil dienen. Ich habe zwar noch nie von Explosionen solcher Aeolipilen etwas erfahren, obwohl sie in den Händen oft sehr sorgloser Arbeiter sind. Zum Füllen des Gefäßes *b* nimmt man etwas schwächern — etwa 50-procentigen Weingeist, doch nehmen die Arbeiter gewöhnlich in die Lampe und das Gefäß *b* Brennspiritus.

§. 11. Um eine Röhre an ihrem Ende zu verschließen, wird sie erhitzt, und man schiebt die weichen Wände durch ein Eisenstäbchen oder ein Stück einer Thermometerröhre zusammen. Dabei häuft sich am Ende die Glasmasse an, was beim Erkalten gern Sprünge veranlaßt. Man erhitzt deswegen das Ende, setzt eine ebenfalls erhitzte Thermometerröhre daran und zieht mit dieser die überflüssige Glasmasse in einem Faden ab, was man vielleicht noch ein- oder zweimal wiederholen muß. Zuletzt erhitzt man das Ende der Röhre selbst etwas stärker und bläst die zugeschmolzene Stelle halbkugelförmig auf.

Soll die Röhre eben endigen, so drückt man sie im glühenden Zustande auf eine ebene Platte von Holz, ein vertiefter Boden wird durch Einsaugen erhalten; in beiden Fällen muß gut verkühlt werden. Bei dem Verschließen am Ende darf man die Röhre nie so halten, daß die Flamme in die Oeffnung spielt, weil sich sonst Wasserdampf darin ansetzt, den man nicht so leicht wieder los wird; ist dieses nachher nicht schädlich, so braucht man diese Vorsicht nicht.

Bei weiten und dickwandigen Röhren ist es gleich von vornherein besser, das Glasstäbchen zu nehmen und die Wände damit gegen die Mitte zu ziehen, damit sich nicht zuviel Glasmasse anhäuft.

Soll eine Röhre an einer erst abzuschneidenden Stelle zugeschmolzen werden, so zieht man sie hier in einen Faden aus, bricht diesen kurz ab, und hält das Ende ins Feuer, wo es rasch zu-

ſchmilzt; das dadurch ſich bildende Glasknöpfchen wird, wie ſchon erwähnt, mittelſt einer darangeſetzten ſpitzigen Thermometerröhre abgezogen. Da dieſes Verfahren beim Schließen das zweckmäßigere iſt, ſo ſchmilzt man auch oft ein Stückchen Röhrenabfall an das Ende einer zu verſchließenden Röhre, um mit möglichſt wenig Verluſt die Röhre durch Abziehen zu verſchließen. Röhren mit feiner Oeffnung — wie Thermometerröhren — braucht man überhaupt nur am Ende zu erhitzen, um ſie zu verſchließen; ſie werden nicht aufgeblaſen.

§. 12. Soll am Ende einer Röhre eine Kugel aufgeblaſen werden, ſo muß die Röhre zuerſt geſtaucht werden, um an der aufzublaſenden Stelle mehr Glasmaſſe anzuhäufen. Am leichteſten geht dieſes vor dem Abſchneiden der Röhre und wird bei weiteren Röhren immer vorher vorgenommen, worauf man die Röhre erſt abzieht, verſchließt und das Ende abrundet. Das Aufſtauchen geſchieht immer außerhalb der Flamme, weil es während des Drehens der Röhre nicht geſchehen kann, und die Röhre beim Ruhighalten ungleich heiß würde. Die Röhre darf beim Stauchen nicht zu heiß ſein, weil ſie ſonſt gern etwas einſinkt, man wiederholt daher beſſer das Stauchen mehrere Male. Hat man nämlich eine Röhre eine Strecke weit allmälig etwas aufgeſtaucht, ſo kehrt man wieder um und fährt ſo fort, bis man eine etwas birnförmige Anhäufung von Glas zu Stande gebracht hat; ſind die Röhren nur etwas enge, ſo muß man während des Stauchens dieſelben immer auch aufblaſen.

Iſt die Glasmaſſe gehörig vorbereitet, ſo erhitzt man unter fleißigem, ſtetem Drehen nach derſelben Richtung das zur Kugel beſtimmte Ende bis zur hellen Rothglühhitze, oder bis zum Weißglühen, faßt Athem, nimmt die Röhre in den Mund, hält ſie ſenkrecht abwärts und bläst die Kugel etwas auf, wodurch ſich die Glasmaſſe ſchon gleichförmiger vertheilt; ſie wird nun ein zweites Mal erhitzt und dann erſt bis zur erforderlichen Größe aufgeblaſen, wobei man anfänglich ſchwach, ſpäter aber, wie das Glas kälter wird, immer ſtärker bläst.

§. 13. Oefter kommt man in den Fall, in ein Stück Glas ein Loch zu bohren; es kann dieses unter Befeuchtung mit altem Terpentinöl von Hand geschehen, entweder mit einer dreikantigen harten Stahlspitze oder einem sogenannten Grabstichel, Fig. 7. Hat man eine dreikantige Stahlspitze, so ist es nicht zweckmäßig, sie auf der Spitze laufen zu lassen, man muß dieselbe mehr wühlend handhaben; gerade darum ist der Grabstichel wirksamer. Für Löcher von 2 bis 3 Millimeter ist dieses Verfahren wohl geeignet; kleinere Löcher muß man mit dem folgenden Bohrwerkzeuge unter Befeuchtung mit Terpentinöl bohren, nachdem man vorher den Ansatzpunkt durch ein anderes stärkeres spitziges Werkzeug bezeichnet hat. Besondere Vorsicht ist nöthig, wenn das Loch beinahe durchgebohrt ist, weil es dann gern ausbricht; am besten wird dieses verhütet, wenn man ein Stückchen hartes Holz auf die Gegenseite andrückt.

Fig. 7.

§. 14. Wer irgend sich mit allerlei mechanischen Arbeiten befaßt, wird in den Fall kommen, sich kleine stählerne Werkzeuge anzufertigen. Man erhält hierfür Gußstahl rund in allen Dicken im Handel. Man erhält das erforderliche Stückchen dadurch, daß man die betreffende Stelle ringsum einfeilt oder einhaut und dann das Stückchen mit dem Hammer abschlägt; man glüht es in der Weingeistlampe aus und läßt es langsam erkalten. Das Glühen geht besonders leicht, wenn man den Stahl auf eine buchene Kohle legt und mittelst des Blasrohrs die Flamme darauf richtet. Man läßt es in diesem Falle auf der Kohle erkalten. Nachher giebt man ihm mit der Feile die erforderliche Gestalt und härtet dasselbe an der zur Schneide bestimmten Stelle. Zu dem Zweck macht man dieses Ende hellroth, aber nicht weißglühend, und taucht es schnell in kaltes Wasser, wobei der Glühspan abfällt und der Stahl grau erscheint. Die gehärtete Stelle wird nun auf einem Steine hell geschliffen und dann angelassen.

Bekanntlich nehmen Eisen und Stahl beim langsamen Er-

hitzen nach und nach verſchiedene Farben an, zuerſt werden ſie ſtrohgelb, dann dunkelgelb, purpurfarbig, violet, blau und zuletzt vor dem Erglühen grau. Man erhitzt beim Anlaſſen die Werkzeuge ſtets von einer weiter hinten liegenden Stelle und beobachtet wie ſich die Farbenveränderung allmälig gegen die Schneide hinzieht; ſo wie dieſe die verlangte Farbe erreicht hat, löſcht man das Werkzeug wieder in Waſſer ab. Werkzeuge, welche in Metall gebraucht werden ſollen, läßt man gelb, ſolche für Holz purpurfarben anlaufen. Werkzeuge mit einer ſcharfen Schneide läßt man gewöhnlich etwas weiter an, als ſolche mit einer mehr ſtumpfwinkeligen. Sehr dünne Werkzeuge, wie feine Bohrer, werden überhaupt nur in Talg abgelöſcht.

Fig. 8.

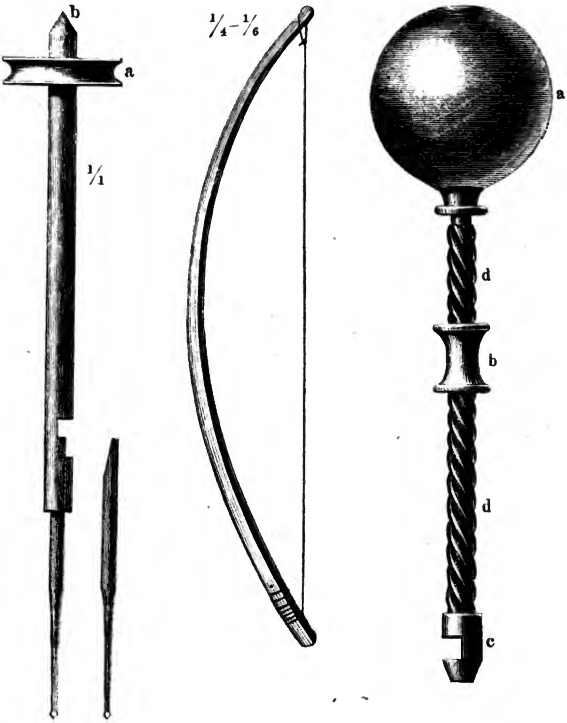
Fig. 9.

§. 15. Zwei ſehr allgemein brauchbare Werkzeuge ſind die ſogenannte Kernſpitze, Fig. 8, um Bohrlöcher in Metall vorzuzeichnen, und ein Kaltmeißel, Fig. 9. Da man beide nur in kleinen Dimenſionen braucht, ſo wird man ſich dieſelben nach der eben angegebenen Weiſe wohl ſelbſt anfertigen können, ſobald man deren benöthigt iſt.

§. 16. Zum Bohren kleiner Löcher ſowohl in Glas als in Metall benutzt man gewöhnlich die Bohrwelle, wie ſie in Fig. 10 (a. f. S.) abgebildet iſt, und ſetzt dieſe mittelſt des aus einem Stabe von Fiſchbein gemachten Drehbogens, Fig. 11, in Bewegung, indem man die Saite deſſelben einmal um die Rolle *a*, Fig. 10, herumſchlägt. Man ſtützt dann die Spitze *b* gegen ein in den Schraubſtock geſpanntes angekörntes Meſſingſtück, drückt mit der linken Hand das zu bohrende Stück gegen den Bohrer und führt mit der rechten den Drehbogen auf und nieder, ohne mit demſelben zu drücken. In den Backen der kleinen Schraubſtöcke ſind meiſt ſchon Löcher für die Spitze *b*. Da der Druck hauptſächlich mit dem Daumen ausgeübt wird, ſo muß man auf das Bohrſtück Holz legen, damit

man ſich nicht verwundet, wenn der Bohrer durchgeht; der Bohrer bricht dabei auch weniger ab, als wenn er frei durchfallen kann.

Fig. 10. Fig. 11. Fig. 12.



Statt der Bohrwelle mit dem Drehbogen gebraucht man jetzt häufig den Spindelbohrer, Fig. 12, der darum auch überall käuflich iſt. Die Schraube *dd*, welche ein mehrfaches ſehr ſteiles Gewinde hat, endigt ſich einerſeits in den Kopf *c*, der beſchaffen iſt wie der Kopf der Bohrwelle, und andererſeits in eine Spitze, welche in einer in den hölzernen Knopf *a* eingeſchraubten Pfanne läuft;

die Schraube wird durch Auf- und Abwärtsbewegen der Mutter *b* in Bewegung gesetzt. Das Bohrstück muß auf dem Tische, im Schraubstocke oder sonst befestigt sein.

Die kleinen Bohrer werden aus Stahldraht gemacht, den man überall zu kaufen bekommt. Man macht ihn zuerst dunkelrothglühend in der Weingeistlampe und läßt ihn langsam erkalten. Der Draht wird nun zurecht gefeilt und die breitgeschlagene Spitze in die Form von Fig. 13 gebracht, worauf man den Bohrer härtet. Man macht ihn zu dem Ende etwa 1 bis 2 Linien weit von der Spitze an hellrothglühend und steckt ihn rasch in eine bereitgehaltene Talgkerze; nach dem Härten schleift man die Schneide auf einem feinen Wetzsteine.

Fig. 13.

Schmiedeisen und Kupfer werden unter Befeuchtung mit Oel, Glas unter Befeuchtung mit Terpentinöl und Messing gewöhnlich trocken gebohrt. Die Stelle, wo gebohrt werden soll, wird vorher bezeichnet, bei Metallen durch einen Punkt, den man mit der Kernspitze (§. 15) oder mit einer spitzigen Ahle macht, bei Glas mit demselben Werkzeuge unter Befeuchtung mit Terpentinöl.

§. 17. **Das Löthen.** Sobald man nur einige Fortschritte im Arbeiten gemacht hat, wird man auch Veranlassung erhalten, kleine Stücke zusammenzulöthen. Für die nächsten Bedürfnisse genügt indeß das Weichlöthen, d. h. das Löthen mittelst Metallen, die schon unter der Rothglühhitze fließen, wie Zinn, das Klempnerloth (Zinn und Blei in wechselnden Verhältnissen, 3 Zinn, 5 Blei und umgekehrt und zu gleichen Theilen) und das letztere mit Zusatz von Wismuth, wenn man sehr leichtflüssige Legirungen haben will.

Alle Fugen, welche gelöthet werden sollen, müssen so sorgfältig als möglich aneinander gepaßt und in ihrer Umgebung mittelst des Schabers — einer abgenutzten dreieckigen Feile, an die eine dreikantige Spitze geschliffen ist — metallisch rein gemacht werden;

ebenso muß man mit Sorgfalt die Fugen gegeneinander befestigen, was gewöhnlich durch Binden mit gut ausgeglühtem Eisendraht geschieht oder durch aus stärkerem, hartem Drahte gebogene Klemmen wie Fig. 14.

Fig. 14.

Wenn an demselben Gegenstande wiederholt so gelöthet werden soll, daß schon gelöthete Stellen mit erhitzt werden müssen, so muß man bei jeder folgenden Löthung leichtflüssigeres Loth anwenden und also von vornherein darauf Rücksicht nehmen.

Bei den hier vorkommenden Arbeiten kann vom Löthkolben keine Rede sein, sondern nur vom Löthen durch Erhitzen des ganzen Stückes, und dieses ist ungemein leicht auszuführen. Man bestreicht nämlich die Fugen mit Löthwasser, erwärmt sie über der Weingeist- oder Gaslampe so lange, bis ein von Zeit zu Zeit daran gehaltenes Stückchen Loth fließt. Dieses zieht sich nun rasch in die Fuge hinein und fließt leicht durch dieselbe hindurch. Bei gehöriger Vorsicht hat man beinahe nichts zu verputzen. Sollten sich aber Lothtropfen äußerlich ansetzen, so werden sie nach dem Erkalten mit der Raspel und dem Schaber sauber entfernt. Jedenfalls müssen Reste des Löthwassers mit feuchten Lappen oder Fließpapier sorgfältig entfernt werden, weil sonst eine Oxydation nachfolgt, welche an dünnen Stücken schädlich werden kann.

Als Löthwasser dient eine Salmiakauflösung oder besser Chlorzinkammonium, welches man auf folgende Weise erhält: 32 Theile Zink werden in soviel Salzsäure als nöthig gelöst und dann 22 Theile Salmiak zugesetzt und das Ganze in einer Porcellanschale trocken gedampft; man löst das Salz in soviel Wasser als nöthig und filtrirt. Bei diesem Löthwasser ist es kaum nöthig, die zu löthenden Gegenstände vorher zu reinigen.

Beim Zusammenlöthen von Messing und Kupfer fließt weiches Loth durch, sobald es schmilzt, und man sieht schon an der Farbenänderung des Messings oder Kupfers, wenn diese Hitze erreicht ist; bei Eisen aber muß man meist noch etwas stärker erhitzen, ehe das

Loth an dem Eisen gehörig adhärirt. Zinnloth kauft man am besten beim Klempner oder beim Zinngießer, die es in schmalen Bändern vorräthig haben.

§. 18. Sehr oft hat man Gegenstände zusammenzukitten; es geschieht dieses meist mittelst Siegellack. Die Gegenstände müssen hierfür so weit erwärmt werden, daß der Kitt darauf zerfließt. Wo man aus anderen Gründen die Erwärmung nicht soweit treiben mag, bis das Siegellack auf den zu kittenden Gegenständen fließt, erwärmt man nur gelinde und trägt eine etwas dicke Schicht von Siegellacklösung auf, die man dann noch durch brennendes Siegellack bis zur erforderlichen Dicke bringen kann. Man gewinnt auch so eine gute Haltbarkeit. Wenn beide Theile hinreichend mit Kitt überzogen sind, so läßt man sie erkalten und erwärmt sie beim wirklichen Zusammensetzen nur so weit, daß der Kitt gehörig weich wird, um sich anzunehmen. Bringt man sie nämlich heiß zusammen, so kann in Folge der ungleichen Contraction an dem einen oder anderen Theile ein Sprung entstehen. Diese Vorsicht ist zwar nicht immer nöthig, darf aber namentlich dann nicht außer Acht gelassen werden, wenn Glasröhren in gut passende metallene Hülsen gekittet werden. Daß die gekitteten Theile so lange in der erforderlichen Stellung gegen einander gehalten werden müssen, bis der Kitt erkaltet ist, versteht sich wohl von selbst; man kann übrigens ohne Eintrag für die Festigkeit dieses Erkalten durch Wasser beschleunigen. Aller überflüssige Kitt wird später mittelst des Messers weggenommen. Wo die Verhältnisse es erlauben, muß man übrigens die zu kittenden Gegenstände so dicht aneinander drücken als möglich; die Arbeit hält um so besser, je weniger Kitt zwischen der Fuge ist.

§. 19. **Das Firnissen.** Bei Herstellung physikalischer Apparate ist theils für deren Erhaltung, theils für deren Schönheit öfters das Firnissen von Metall, Holz und Papier mittelst Weingeistfirniß nothwendig, in welchem Schellack der Hauptbestandtheil ist. Indessen muß man auch nicht Alles firnissen wollen, namentlich nicht solche Theile, welche oft und kräftig in die Hand genom-

men werden müssen. An diesen reibt sich der Firniß bald durch und die Apparate sehen dann weniger gut aus, als wenn sie nicht gefirnißt wären und sonst rein gehalten würden.

Die Bereitung des Firnisses. Man nimmt im Allgemeinen auf 1 Theil grobzerstoßenes Harz 4 Theile vom stärksten Weingeist (85- bis 95procentigen) und läßt sie in verstopften Gefäßen in gelinder Wärme, unter öfterem Umrütteln so lange stehen, bis die Auflösung geschehen ist, wozu etwa 24 Stunden erforderlich sind. Das angewendete Harz ist, wie schon erwähnt, Schellack, dem man $^1/_5$ bis $^1/_{10}$ Mastix zusetzt, um dem Firniß seine Sprödigkeit zu nehmen. Dieser Zusatz ist bei gebleichtem Schellack nöthiger als bei ungebleichtem. Körnerlack bedarf nicht nur keines Zusatzes, sondern giebt auch einen schön goldgelb färbenden Firniß; für Körnerlack muß man aber sehr starken, 95procentigen Weingeist anwenden. Gern nimmt man etwas mehr Harz als oben angegeben, um den Firniß möglichst concentrirt zu erhalten. Soll der Firniß filtrirt werden, was für die meisten Zwecke erforderlich ist, so läßt man ihn nach der Auflösung in gelinder Wärme einige Zeit ruhig stehen, bis sich die unaufgelösten Harze und die schleimigen Theile des Schellacks gesetzt haben, worauf man die klare Flüssigkeit so weit als thunlich abgießt und nur den Rest filtrirt. Das Filtriren geschieht durch einfaches Fließpapier bei gelinder Wärme, wobei man den Trichter mit einer Glasscheibe bedeckt, da es immer nur langsam geht, weil die schleimigen Theile das Filter verstopfen. Der Firniß wird in Gläsern mit weiter Mündung aufbewahrt, oder man gießt beim Gebrauch so viel als man nöthig hat in eine flache Schale. Bei Gläsern mit weiter Mündung kann man durch den Korkstöpsel den Pinselstiel stecken und so den Pinsel immer weich erhalten. Thut man dieses nicht, so muß der Pinsel nach jedesmaligem Gebrauche in Weingeist ausgewaschen werden, welchen Weingeist man für künftige Auflösungen sammelt.

Zum Auftragen des Firnisses nimmt man einen breiten Haarpinsel oder noch besser ein feines Schwämmchen, das in ein Blech

eingeklemmt wird, wie die Pinselhaare; es wird vorn eben geschnitten und steht nur einige Linien über das Blech hervor.

Man hat für manche Zwecke gefärbten Schellackfirniß nöthig, namentlich etwas röthlichen, sogenannten Goldfirniß. Man kann zwar die färbenden Harze gleich mit dem Schellack auflösen, und für diesen Fall geben $1/2$ bis 1 Drachenblut, 4 Gummigutt und 8 gebleichtes Schellack einen stark goldgelben Firniß auf Messing; allein da man doch gewöhnlich nicht gern zu vielerlei Firnißgläser herumstehen haben will, so löst man am besten die Farbharze für sich auf, filtrirt sie und setzt dann nach dem jedesmaligen Bedürfniß den Farbenton zusammen. Zu den Zwecken, um die es sich hier handelt, bedarf man jedoch nur einer Auflösung von Gummigutt und einer von Drachenblut.

Soll Firniß aus Siegellack bereitet werden, so hat man nur Siegellack im Ueberschuß in den Weingeist zu thun und jedesmal beim Gebrauche gehörig aufzurütteln. Schlechtes Siegellack giebt aber schlechten Firniß und gutes Siegellack ist theuer. Man kommt hier wohlfeiler weg, wenn man zu einer etwas stark mit Mastix versetzten Schellacklösung direct Zinnober zusetzt, als wenn man Siegellack kauft. Es ist zweckmäßig, außer Zinnober noch kohlensaure Magnesia zuzusetzen, sie beeinträchtigt die Farbe nicht sehr und der Firniß trägt besser auf.

Die Metalle werden, ohne daß sie wieder mit bloßen Händen berührt werden, gleich nach der Bearbeitung gefirnißt. Man erwärmt sie dafür auf 60 bis 70°, d. h. mehr als handwarm, und trägt den Firniß mittelst eines Haarpinsels in solcher Richtung auf, wie etwa die Feilstriche auf dem Metalle laufen. Nach dem Firnissen darf der Gegenstand nicht berührt werden, bis er vollkommen kalt geworden ist. Man kann den Schellackfirniß wohl auch kalt und in mehreren Schichten über einander auf Metall auftragen; allein der Firniß bekommt so weder die gleiche Härte noch den gleichen Glanz, und es geschieht daher nur, wo man, wie bei elektrischen Apparaten, zu anderen Zwecken entweder eine dicke Firnißschicht erzeugen will, oder den Gegenstand nicht mehr erwärmen kann.

Siegellacklösung wird immer kalt und so dick aufgetragen, daß die überzogene Substanz ganz bedeckt ist, was man aber mehr durch öfteres als zu reichliches Auftragen erreichen muß. Siegellacklösung ist schon durch die Mischung des Siegellacks oder durch den Mastixzusatz etwas zäh, und muß so sein, wenn man dick auftragen will; man erhält aber einen glänzenden und äußerlich harten Ueberzug, wenn man zuletzt noch einen oder zwei Anstriche mit reiner Schellacklösung macht.

Zum Firnissen des Holzes wird ebenfalls Schellackfirniß gebraucht, er muß jedoch in dünnen Schichten öfter aufgetragen werden. Handelt es sich dabei nicht etwa um besondere Eleganz, sondern vielleicht nur um Schutz gegen Feuchtigkeit oder um bessere Isolirung, so kann man mit Vortheil unfiltrirten Schellackfirniß verwenden. Daß immer erst ein folgender Anstrich gegeben wird, wenn der vorige trocken ist, braucht wohl nicht weiter erwähnt zu werden. Gut ist es, namentlich behufs der Ersparniß von Firniß und gleicherer Färbung, wenn das Holz vorher mit Leimwasser bestrichen wird. Soll übrigens der Firniß schön werden, so muß das Holz nach dem Leimen oder nach dem ersten Firnissen und im recht trockenen Zustande noch einmal mit Schaftheu überarbeitet werden. Die nächsten Schichten dürfen dann nur dünn und in der Wärme oder im Sonnenscheine aufgetragen werden, besonders bei weichem Holze, weil sonst das Holz stellenweise wieder aufquillt. Ueberhaupt muß man durch schön parallel geführte Striche jede stellenweise Anhäufung des Firnisses verhüten, bis derselbe so weit zähe geworden ist, daß er nicht mehr zusammenläuft. Schön wird der Firniß auf Holz nur in wohl geheizten Zimmern oder im Sonnenscheine.

§. 20. Der Kork ist für physikalische und chemische Zwecke ein sehr wichtiges Material. Seine Bearbeitung soll im nächsten Abschnitte, soweit nöthig, erläutert werden, wo von einigen chemischen Versuchen die Rede sein wird.

Zweiter Abschnitt.

Einige chemische Versuche.

§. 21. Wo ein physikalischer Unterricht an Volksschulen in der hier gedachten Weise gegeben wird, und an allen erweiterten Volksschulen sollte dieses doch geschehen, werden auch einige chemische Versuche nicht zu umgehen sein, wenn es auch nur darum geschehen sollte, um den Schülern die Existenz verschiedener Luftarten anschaulich zu machen. Da, wo in Fortbildungsschulen landwirthschaftlicher Unterricht gegeben wird, ist freilich mehr erforderlich, allein die weiter anzustellenden Versuche sind so einfach, daß sie keiner besonderen Anleitung bedürfen, und ich beschränke mich daher hier auf das oben Angegebene.

§. 22. Für diese Versuche, wie für viele andere, hat man gute durchbohrte Korke nöthig. Kleine Korke bekommt man im Handel meist gut, mittelgroße und große selten. Das beste Material wird für die Korke der Schaumweine verwendet und es wird wohl Jedem möglich sein, sich aus einem Gasthause gebrauchte Korke der Art zu verschaffen; sie nehmen in kochendem Wasser meist ihre frühere Gestalt wieder vollständig an.

Um einen Kork in die betreffende Oeffnung einzupassen, be-

ſchneidet man denſelben mehr ziehend als drückend mit einem ſcharfen Meſſer und vollendet die Rundung mit einer mittelfeinen Feile. Gut iſt es, wenn man denſelben dann mittelſt eines Holzes weich klopft. Soll der Kork durchbohrt werden, ſo geſchieht dieſes mit Hülfe eines ſchneidenden kleinen Bohrers von der Form wie Fig. 15. Rein wird die Oeffnung indeſſen auf dieſe Art nie und ſie muß entweder mittelſt einer runden Raspel oder mittelſt eines ſchwach glühenden Drahtes innerhalb glatt gemacht und auf die erforderliche Weite gebracht werden.

Fig. 15.

Sollen Glasröhren durch den Kork geſteckt werden, ſo läßt man ihre ſcharfen Ränder in der Weingeiſtflamme ſich abrunden, wobei die Oeffnung der Röhre ſich etwas verengert; was das Einſchieben ſehr erleichtert. Warm bringt man die Röhre viel leichter in den Kork.

§. 23. Glaswaaren wird man freilich kaufen müſſen, da man ſich ohne eigentliche Glasbläſerlampe nicht wohl die gewöhnlichen engen ſogenannten Proberöhren herſtellen kann, geſchweige denn etwas weitere. Indeſſen kann man für die folgenden Verſuche auch dieſe Proberöhren, mit Ausnahme einer einzigen etwas weiteren, entbehren. Glastrichter und Glasglocken verſchiedener Form kann man ſich indeſſen aus gewöhnlichen Flaſchen herſtellen, indem man dieſelben entweder da abſprengt, wo der Körper cylindriſch wird, oder indem man den Boden abſprengt; im letzteren Falle erhält man eine Glasglocke mit Hals oder einen Trichter. Die ſcharfen Ränder kann man unter Befeuchtung mit Terpentinöl mittelſt einer feinen Feile wegnehmen. Aus Cölniſch-Waſſer-Gläſern erhält man ſo kleine Glasglöckchen zum Auffangen der Gaſe bei den folgenden Verſuchen.

§. 24. Zum Auffangen der Gaſe bedarf man einer ſogenannten pneumatiſchen Wanne. Hierzu dient jede längliche oder runde irdene Schüſſel, in welcher eine ſogenannte Brücke angebracht

wird. Dieſe beſteht aus einem irdenen Napfe wie Fig. 16, der

Fig. 16.

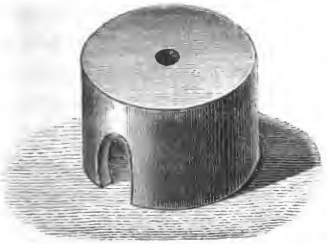
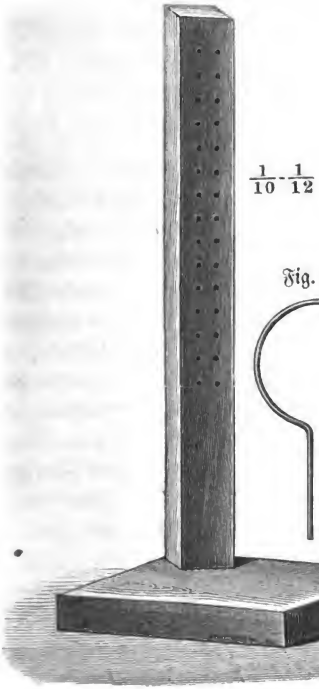


Fig. 17.

Fig. 18.



$\frac{1}{10}$-$\frac{1}{12}$

Fig. 19.

Fig. 20.

auf einer Seite ausgeſchnitten und im Boden etwa 2 Linien weit durchbohrt iſt; er wird verkehrt auf den Boden der Schüſſel geſtellt und die Wände der letzteren müſſen den Boden der Brücke noch um etwa $^1/_2$ bis 1 Zoll überragen. Sind die Wände der Schüſſel ſchief, ſo kann man auch einen Ziegelſtein ſo zurecht ſchlagen, daß er bis auf die gehörige Tiefe hineinreicht, ein Loch läßt ſich mit einem ſpitzigen Hammer leicht in demſelben herſtellen, Fig. 17 (a. v. S.).

§. 25. Für die folgenden und einige andere chemiſche Verſuche bedarf man auch eines Geſtelles wie Fig. 18 (a. v. S.), um Retorten oder Kochfläſchchen, Fig. 19 (a. v. S.), und anderes darauf zu befeſtigen, beſonders wenn man dieſe Dinge mittelſt der Weingeiſtlampe erhitzen will. Man biegt ſich zu dem Ende Ringe von entſprechender Größe, wie Fig. 20 (a. v. S.), aus 3 bis 4 Millimeter dickem Eiſendraht, deren Schenkel in die Löcher des Geſtells geſteckt werden, damit ſich die Ringe nicht drehen können. Die Weingeiſtlampe bringt man durch aufeinander gelegte Brettſtückchen in die entſprechende Höhe.

§. 26. **Filtriren.** Man kommt oft in den Fall, Flüſſigkeiten von darin ſuspendirten feſten Körpern zu trennen; es geſchieht dieſes dadurch, daß man das Gemenge auf Fließpapier bringt, auf welchem die feſten Theile zurückbleiben. Man ſchneidet ſich hierfür aus Fließpapier ein kreisrundes Stück aus, Fig. 21,

Fig. 21.

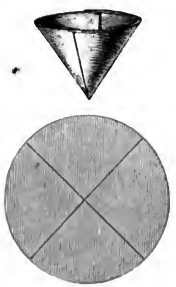


Fig. 22.

das man zweimal bricht und in Form eines Trichters zusammenfaltet. Das Papier steckt man in einen Glastrichter, über den es nicht hervorragen soll; zwischen Papier und Glas steckt man vier dünne Holz- oder Glasstäbchen, Fig. 22. Der Trichter wird in den Hals einer Flasche gesteckt; zwischen den Trichter und den Hals der Flasche legt man ein Stückchen Bindfaden, damit die Flasche nicht verschlossen werde und die darin enthaltene Luft entweichen könne. In den Papiertrichter gießt man nun das Gemenge.

§. 27. **Sauerstoff.** Man bereitet denselben entweder aus rothem Queckſilberoxyd oder aus chlorsaurem Kali. Von ersterem bringt man etwa 1 Loth in ein etwas langes nicht zu dünnes 5 bis 8 Linien weites Probirglas und verschließt dieses durch einen guten Korkpfropf; durch letzteren steckt man eine Sförmig gebogene etwa 1 Linie weite Glasröhre und befestigt dieselbe mittelst Bindfaden so an einen Ring des im vorigen Paragraphen erwähnten Gestelles, daß ihr Ende unter die Brücke der pneumatischen Wanne reicht, wie Fig. 23 (a. f. S.) zeigt. Man erhitzt nun das Queckſilberoxyd durch die Weingeistlampe; es färbt sich dabei dunkel, zuletzt schwarz. Die aus der Brücke der Wanne austretenden Gasblasen bestehen anfänglich nur aus durch die Hitze ausgedehnter atmosphärischer Luft; man fängt dieselbe aber dennoch in einer kleinen Glasglocke, am besten in einer etwa 3 Zoll langen und 5 Linien weiten, einerseits zugeschmolzenen Glasröhre auf, welche man in der Wanne mit Wasser füllt und umgestürzt auf die Brücke setzt, so daß sie voll Wasser bleibt. Sobald dieselbe durch die aufsteigenden Blasen gefüllt ist, schiebt man sie von der Brücke, so daß die Oeffnung unter Wasser bleibt, verschließt die Oeffnung mit dem Daumen, kehrt die Röhre um und steckt einen langen schmalen Holzspan, den man vorher angezündet und wieder ausgeblasen hat, in noch glimmendem Zustande in das geöffnete Glas. Anfänglich wird er vollends erlöschen, weil sich nur atmosphärische Luft im Glase befindet; nach wiederholtem Füllen aber wird er sich wie-

der lebhaft entzünden, weil die Röhre nun mit Sauerſtoffgas gefüllt iſt.

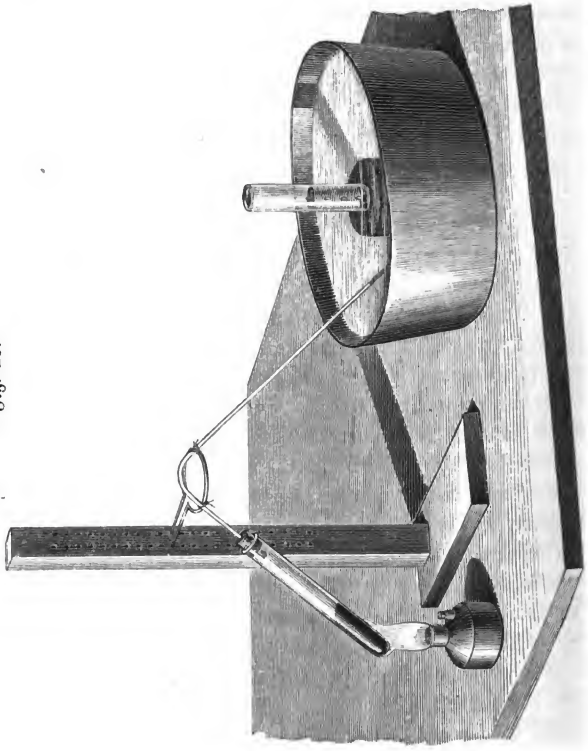


Fig. 23.

Man kann nun eine größere Glasröhre — kleine Glasglocke aus einem abgeſprengten Cölniſchwaſſerglas — anwenden. Beim Abheben ſchiebt man dieſelbe zuerſt in ein kleines Schälchen — Tuſchſchale — und kehrt ſie mit dieſem um, damit man andere

Körper im Sauerstoffgas verbrennen könne, z. B. Schwefel, den man auf ein kleines Blechschäufelchen legt und anzündet, dann an dem Stiele in das mit Sauerstoffgas gefüllte Glas eintaucht (Fig. 24).

Fig. 24.

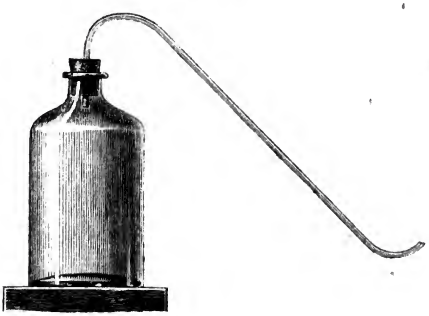
Um Phosphor zu verbrennen schneidet man von einem Stängelchen Phosphor ein linsengroßes Stückchen unter Wasser ab, trocknet es rasch durch schwaches Aufdrücken von Fließpapier, bringt es auf das Blech, entzündet dasselbe und taucht es in das Sauerstoffgas. Es ist aber rathsam, hierzu ein größeres Glas zu verwenden, weil ein enges Glasglöckchen von der Hitze zerspringen würde. Zu jedem solchen Versuche muß die Glasglocke frisch mit Gas gefüllt werden. Wenn man aufhört, wird die Glasröhre schnell aus dem Wasser der Wanne entfernt und dann erst auch die Lampe weggenommen. Das freigewordene Quecksilber setzt sich an dem oberen Theil des Glasgefäßes an.

Wenn man mehr Sauerstoffgas haben will, so ist die Bereitungsart aus Quecksilberoxyd zu theuer, sie hat nur den theoretischen Vorzug der einfachen Erklärung für sich. In diesem Falle bereitet man den Sauerstoff aus chlorsaurem Kali. Man erhält aus dem gleichen Gewichte, wenn alles zersetzt wird, achtmal so viel Sauerstoff als beim Quecksilberoxyd. Die Behandlung ist übrigens die gleiche, nur muß man mit der Erhitzung sehr vorsichtig sein, weil, wenn das Salz einmal geschmolzen ist, sich das Gas oft ungemein rasch entwickelt, so daß es nicht mehr gehörig aufgefangen werden kann, oder selbst den Pfropf sammt der Entwickelungsröhre herauswirft. Man muß also das Feuer durch Entfernung der Lampe mäßigen, sobald die Gasentwickelung etwas rasch zu werden beginnt. Dabei darf die Hitze aber auch nicht zu schwach werden, weil sonst das Wasser durch die Entwickelungsröhre in das Gefäß zurücksteigen würde, was ein Zerspringen zur Folge hätte; sobald man daher ein Steigen des Wassers in der Entwickelungsröhre bemerkt, muß

man das Feuer wieder verstärken. Die Gasentwickelung erfolgt übrigens leichter und regelmäßiger, wenn man unter das krystallisirte Salz gepulverten Braunstein mischt, wozu man dem Gewichte nach höchstens eben soviel nimmt als das Salz beträgt. Das Salz wird vor der Einfüllung nicht zerstoßen. Wenn man die Erhitzung zu weit treibt, um auch den letzten Rest des Sauerstoffs zu gewinnen, so zerspringt das Entwickelungsgefäß beim Erkalten sehr leicht.

§. 28. **Wasserstoff.** In ein Glas von der Größe eines gewöhnlichen Medicinglases passe man einen guten Pfropf mit Sförmig gekrümmter Gasentwickelungsröhre (Fig. 25) und bringe dann eine kleine Menge — 1 bis 2 Loth etwa — Eisenfeile und dem Gewichte nach fünfmal soviel Wasser als Feilspäne in dieselbe; sodann setze man dem Gewichte nach eben so viel gewöhnliche englische Schwefelsäure als Feilspäne unter beständigem Umschütteln in kleinen Portionen langsam zu. Das Gefäß erhitzt sich dabei und es entwickelt sich sogleich viel Gas. Man setzt den Pfropf auf und leitet das Rohr unter die Brücke der pneumatischen Wanne. Das Gas wird in einem starken Glase (abgesprengtes Cölnischwasserglas) aufgefangen. Wenn das Glas ganz gefüllt ist, zieht man es, die Oeffnung nach unten gerichtet, aus dem Wasser und nähert der Oeffnung schnell einen brennenden Span. Anfänglich wird vielleicht das Gas mit einem pfei-

Fig. 25.



senden Knalle explodiren, weil es noch mit atmosphärischer Luft gemischt ist, spätere Füllungen werden ruhig wegbrennen und man befördert dieses, indem man das Glas langsam umkehrt und die Oeffnung nach oben richtet. Hat man einmal reines Wasserstoffgas, so kann man in das verkehrt aus dem Wasser gezogene Glas von unten einen glimmenden Span stecken, der sogleich gänzlich erlischt. Will man nun wieder Knallgas erhalten, so läßt man in dem Glase, womit man das Gas auffängt, $^5/_7$ atmosphärische Luft und läßt nur die letzten $^2/_7$ Wasserstoffgas dazu; das Anzünden geschieht wieder mit einem brennenden Span. Das Glas muß hierfür etwas stark sein und darf keine verengte Oeffnung haben. Zur Vorsicht kann man dasselbe mit einem Tuche umwickeln.

Es ist nicht rathsam, die einzelnen Gasblasen, sowie sie sich aus der Oeffnung der Brücke entwickeln, anzuzünden, so lange man nicht vollkommen sicher ist, daß sich keine atmosphärische Luft mehr unter dem Gase befindet.

§. 29. **Stickstoff.** Da der Stickstoff vier Fünftheile unserer Atmosphäre ausmacht, so kann man denselben aus dieser erhalten, wenn man ihr das letzte Fünftheil, den Sauerstoff, entzieht. Man kann dieses in folgender Weise bewerkstelligen. An einem gebogenen Drahte befestigt man ein Stückchen Waschschwamm und senkt den Bogen des Drahtes in eine Schüssel mit Wasser, so daß der Schwamm 2 bis 3 Zoll hoch über das Wasser hervorragt; sodann gießt man den Weingeist auf den Schwamm, zündet den Weingeist an und stürzt eine Glasflasche mit weiter Mündung rasch darüber und drückt ihre Oeffnung unter das Wasser (Fig. 26). Der brennende

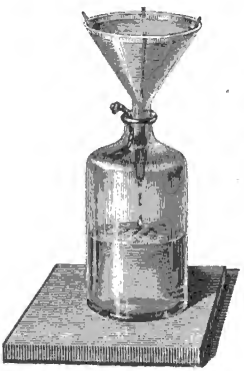
Fig. 26.

Weingeiſt verzehrt nun den Sauerſtoff der im Gefäße enthaltenen atmoſphäriſchen Luft und erliſcht dann, ſobald der Sauerſtoff verzehrt iſt. Die durch die Verbrennung erzeugte Wärme dehnt anfangs die Luft aus und es treten Luftblaſen aus, bei der nach dem Auslöſchen des Weingeiſtes folgenden Abkühlung tritt aber, theils für die ausgetriebene Luft, theils für den verzehrten Sauerſtoff, Waſſer in das Gefäß. Man entfernt nun den Draht, ſchließt die Oeffnung der Flaſche unter Waſſer mit der Hand und ſchüttelt dieſelbe, worauf man ſie unter Waſſer wieder öffnet; ſie enthält nun faſt nur noch Stickſtoff.

Fig. 27.

§. 30. Um zu zeigen, daß im Stickſtoff ein Licht nicht fortbrennt, biegt man einen Draht wie Fig. 27 und ſteckt ein kleines Wachskerzchen daran. Die Flaſche wird nun wieder mit der Hand verſchloſſen, aus dem Waſſer genommen und die Oeffnung nach oben auf den Tiſch geſtellt; ehe man die Hand entfernt, zündet man das Wachskerzchen an und ſenkt es an dem Drahte in die nun geöffnete Flaſche, in der es raſch erliſcht, während es in einer mit atmoſphäriſcher Luft gefüllten Flaſche einige Zeit fortbrennt.

Fig. 28.

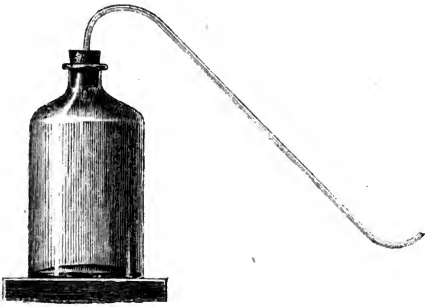


§. 31. **Kohle.** Die abſorbirende Kraft der Kohle wird durch folgenden Verſuch gezeigt. Friſch geglühte Holzkohle wird gröblich zerſtoßen und in einen Filtrirtrichter (Fig. 28) gebracht; darauf gießt man nun ſchmutziges Waſſer, welches durch das Filtriren von üblem Geruche und von ſeiner Farbe befreit wird.

§. 32. **Kohlenſäure.** Kohlenſäure ſtellt man aus Kreideſtückchen

dar, die man in einer Flaſche, wie Fig. 29, mit verdünnter Salzſäure übergießt. Das Gas wird in der pneumatiſchen Wanne

Fig. 29.



in einer Flaſche oder einer kleinen Glasglocke aufgefangen. Daß ein Licht darin nicht fortbrennt, wird gezeigt wie beim Stickſtoff. Eine andere Portion Kohlenſäure wird mit Kalkwaſſer geſchüttelt (Kalkwaſſer erhält man durch Filtriren von Kalkmilch, einem dünnen Gemenge aus friſchgelöſchtem Kalk und Waſſer). Das Kalkwaſſer wird trübe. Daß bei der Verbrennung von Kohle ſich Kohlenſäure bilde, kann man dadurch zeigen, daß man in das Gefäß, in welchem ein glimmender Span in Sauerſtoffgas verbrannte, ſchnell Kalkwaſſer gießt, dieſes dann mit der Hand verſchließt und ſchüttelt; das Kalkwaſſer wird auch hier trübe. (Kalkwaſſer muß für dieſe Verſuche jedes Jahr friſch bereitet werden.) Das große ſpecifiſche Gewicht der Kohlenſäure zeigt man dadurch, daß man dieſelbe aus einem damit gefüllten Gefäße mit weiter Oeffnung in ein etwas größeres ſolches Gefäß langſam übergießt. Ein Licht erliſcht dann auch im unteren Theile dieſes Gefäßes.

Dritter Abschnitt.

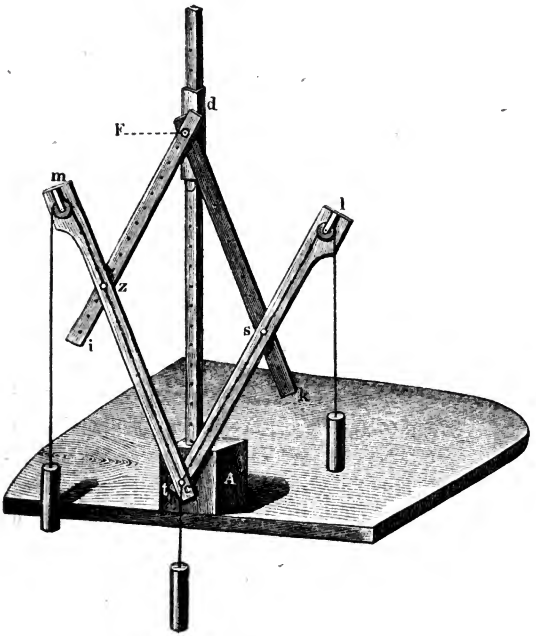
Vom Gleichgewicht und der Bewegung.

§. 33. **Allgemeine Bemerkungen.** Vor Allem muß man für den gegenwärtigen Theil der Versuche eine Anzahl Gewichte mit Haken von beliebiger, doch nicht zu kleiner Einheit haben, damit man im Stande sei, jedes Gewicht von 1 bis 100 etwa dadurch auszudrücken. Man kann sich solche Gewichte sehr leicht aus Blei verfertigen, indem man Cylinder von Blei in papiernen Röhren gießt und davon entsprechende Stücke abschneidet; kleine messingene Ringe mit eisernen Schrauben erhält man sehr billig im Eisenladen, und die letzte Ausgleichung ist dann mit der Holzraspel und einem Messer leicht zu bewerkstelligen.

§. 34. **Das Parallelogramm der Kräfte.** Unter den verschiedenen Vorrichtungen für die statische Demonstration dieses Gesetzes dürfte vor Allem die in Fig. 30 abgebildete empfohlen werden, weil sie leicht ausführbar ist, und die Kräfte dabei immer zugleich durch die Länge der Linien gemessen werden. Auf dem vorderen Rande des Klotzes *A* ist der vierkantige Stab *ab* befestigt, der in gleichen Distanzen etwa zu 1 Centimeter mit Löchern versehen ist, so aber, daß der Drehungspunkt *c* den An-

fangspunkt derselben bildet; auf ihm schiebt sich die messingene Hülse *de*, deren Länge eine ganze Zahl der Theilung beträgt; sie

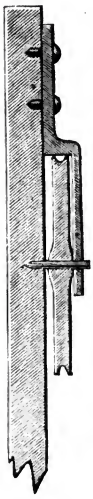
Fig. 30.



wird durch einen eingeschobenen Nagel gehalten, und die Zahlen sind zu den Löchern so angeschrieben, daß die dem oberen Rande *d* der Hülse entsprechende Zahl die Entfernung *cF* angiebt. Die Hülse wird beim Drehpunkt so dick genommen, daß ihre vordere Fläche mit der vorderen Fläche des Klotzes *A* parallel wird und mit ihr in derselben Ebene liegt. Die dünnen Schienen *Fi*, *Fk*, *mn*, *lo* sind in gleichen Entfernungen wie *ab* mit Löchern

verſehen, die von ihren Drehungspunkten aus numerirt ſind, und können bei *r*, *s* durch Nägel mit flachen Köpfen aufeinander geſteckt werden; daß dieſe Nägel rückwärts Schrauben haben, iſt nicht nöthig, aber bequem. Außerdem tragen die Schienen *nm*, *lo* außerhalb ſehr leicht bewegliche Rollen, deren Schnurläufe einerſeits mit der Löcherreihe zuſammenfallen. In dieſen und ähnlichen Fällen giebt man den Rollen, die aus Bux ſehr gut werden, gegen die Mitte eine kleine Erhabenheit (Fig. 31 zeigt eine ſolche Rolle im Durchſchnitte und in natürlicher Größe) und durchbohrt ſie nun in der Stärke einer mittleren Stricknadel; aus einer ſolchen macht man auch die Axe, welche einerſeits in das Holz eingeſchlagen, andererſeits durch einen Bügel aus Meſſingblech gehalten wird. Letzterer muß, ohne ihn zu ſtreifen, ſo nahe an den Rand der Rolle reichen, daß die Schnur die Rolle nicht verlaſſen kann.

Fig. 31.

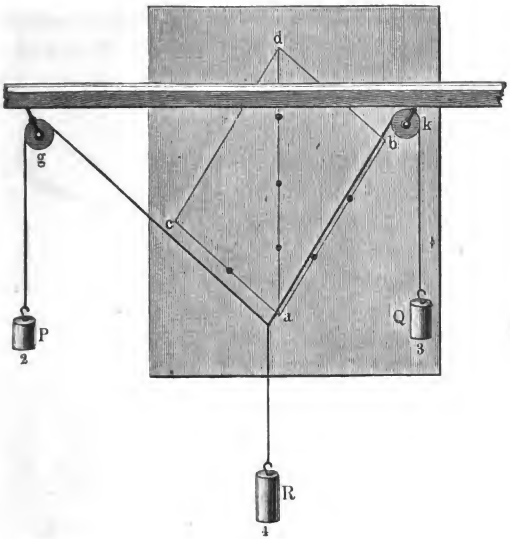


Beim Gebrauche knüpft man drei feine ſeidene Schnüre an einen ſehr kleinen Meſſingring, wovon zwei über die Rollen gezogen werden, und bildet aus den fünf Stäben ein beliebiges Parallelogramm mit ſeiner Diagonale; hängt man ſodann an die drei Schnur-Enden Gewichte, welche den Längen *cr*, *cs*, *cF* entſprechen, ſo wird Gleichgewicht ſtattfinden und der Knotenpunkt nach *c* kommen, und auch wieder dahin zurückkehren, wenn man ihn entfernt. Den Klotz *A* kann man auf einem entſprechenden Fuße befeſtigen, oder auf den Rand eines Tiſches ſtellen. In letzterem Falle muß er aber beſchwert werden oder mit Blei ausgegoſſen ſein.

Nimmt man als Mittelkraft ein anderes als ein der Diagonale entſprechendes Gewicht, ſo kommt der Knoten nicht nach *c*; man kann aber dann die Hülſe ſo weit verſchieben, bis dieſes eintritt, und die Länge der Diagonale wird nun wieder dem Gewichte entſprechen.

Man kann auch ohne eine ſolche Maſchine einfach auf irgend eine Weiſe auf einem Tiſche zwei Rollen g, k, wie in Fig. 32,

Fig. 32.



und beliebige Gewichte P, Q an der Schnur anbringen und durch Conſtruction den Winkel ſuchen, den die drei Kräfte nach dem Geſetze mit einander machen müſſen; hält man dann die etwas groß ausgeführte Conſtructionsfigur $abcd$ hinter die Schnüre, ſo wird der Winkel immer dem gezeichneten entſprechen. Daß man bei ſolchen Verſuchen der unvermeidlichen Reibung wegen kein ganz genaues Reſultat erhält, iſt natürlich; wenn man aber durch Ziehen an den Gewichten die Grenzen ſucht, innerhalb welcher der Verſuch ſchwankt, ſo werden dieſe immer gleichweit auf beiden Seiten abweichen, jedenfalls wird aber an der beſtimmten Stelle Gleichgewicht ſtattfinden.

§. 35. **Die schiefe Ebene.** Das Gesetz, wonach auf der schiefen Ebene Gleichgewicht stattfindet, wird so mannigfaltig angewendet, daß es wohl durch einen Versuch erläutert werden muß. Für die Bedürfnisse, welche wir hier berücksichtigen, genügt indessen die allereinfachste Vorrichtung. Man fertigt dieselbe nach Fig. 33 und Fig. 34 aus hartem Holze an und das Grundbrett bedarf

Fig. 33.

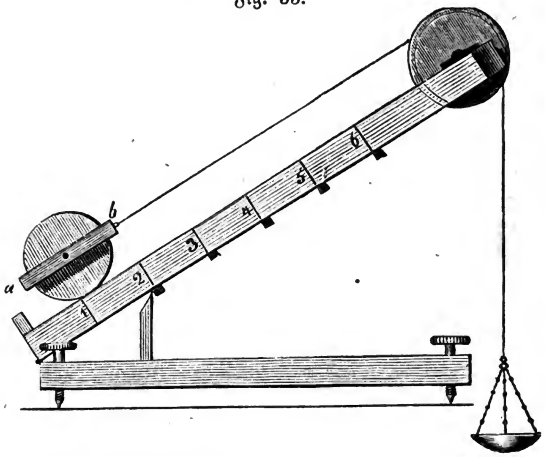
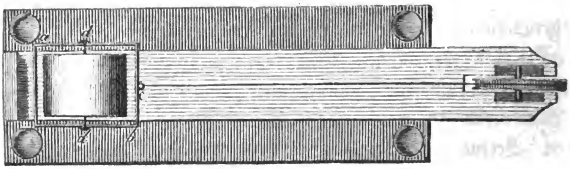


Fig. 34.



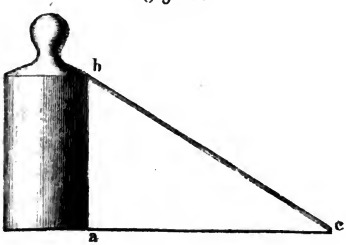
nicht einmal der gezeichneten Stellschrauben, wenn man einen ordentlich ebenstehenden Tisch hat. Die beiden Brettchen werden durch ein Gelenkband verbunden. Die schiefe Ebene selbst erhält vorn einen Einschnitt für die Rolle, deren Axe oberhalb auf dem

etwas verjüngten Ende der schiefen Ebene liegt und durch zwei Bleche gehalten wird. Die Rolle muß so groß sein, als es möglich ist, ohne daß sie den Boden berührt, wenn die schiefe Ebene zugeklappt ist. Für die Stellung bedient man sich eines Stäbchens und befestigt mittelst Stiften auf der unteren Seite der schiefen Ebene einige kleine Leisten oder macht einige entsprechende Vertiefungen in dieselbe, deren Entfernungen unter sich und der Höhe des Stäbchens gleich sind. Die Steigungen gehen dann immer in einfachen Zahlen fort.

Was die Last betrifft, so besteht sie am zweckmäßigsten aus einer Walze von Metall, zur Noth auch von altem, mit heißem Oelfirniß getränktem Holze; ihr Durchmesser richtet sich, wie die Figur zeigt, nach der Höhe der Rolle. Eine hölzerne Walze erhält aber jedenfalls zwei kleine eiserne Bolzen, an welchen sie abgedreht wird. An einem Rahmen *ab* von Messingblech wird bei *c* die Schnur befestigt und bei *dd* durch Aufbiegen der einen Seite die Axe der Walze in die dafür bestimmten Löcher gesteckt. Man erhält nur sehr wenig Reibung. Das Gewicht der Walze wird auf dieselbe gezeichnet, sowie $1/2$, $1/3$, $1/4$ u. s. w. desselben.

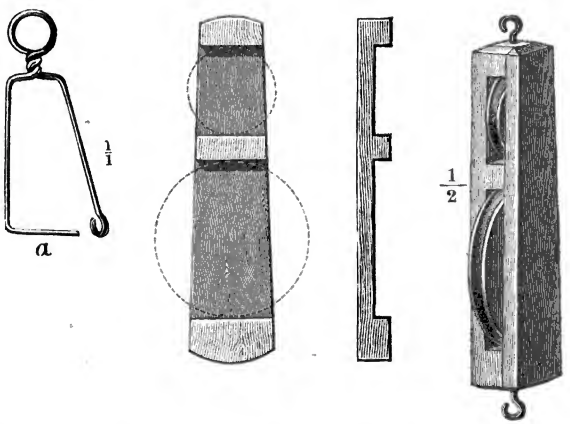
§. 36. **Die Schraube.** Zur Erläuterung der Schraube dient am besten ein Cylinder von Holz von etwa 2 Zoll Durchmesser, an welchen ein rechtwinkliges Dreieck von Papier, wie *abc*, Fig. 35, geleimt wird, dessen eine Kathete der Höhe, dessen andere dem Umfange des Cylinders gleich ist. Die Hypotenuse selbst wird mit einem breiten schwarzen Rande versehen und zeichnet beim Aufwickeln des Papiers um den Cylinder einen Umgang der Schraube.

Fig. 35.



§. 37. **Rollen** läßt man von hartem Holze anfertigen, und vom Dreher mit einer 1 Millimeter weiten Oeffnung gleich beim Abdrehen verſehen. Der Kloben wird aus Draht von paſſender Dicke wie in Fig. 36 gebogen, die Rolle an die Axe *a* geſteckt und der andere Arm vollends zugebogen. Man kann daraus allerlei Flaſchenzüge zuſammenſetzen. Will man aber auch einen gewöhnlichen Flaſchenzug haben, ſo ſchneidet man den einen Theil der Flaſche aus Holz, wie Fig. 37 und 38, nach der Größe der Rollen, legt dieſelben ein und bezeichnet die Stelle für die Axe.

Fig. 36. Fig. 37. Fig. 38. Fig. 39.



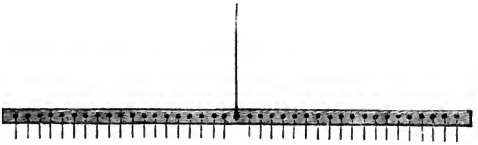
Hier wird dann eine feine Oeffnung durchgebohrt und auf die Flaſche ein Brettchen wie in Fig. 39 genagelt; als Axe wird dann ein Stückchen einer Stricknadel mit kurzer vierkantiger Spitze verſehen durchgeſteckt und in das aufgenagelte Brettchen eingeſchlagen. Oben und unten ſchraubt man eiſerne Häkchen ein, wie ſie in jedem Eiſenladen zu erhalten ſind. Fig. 39 zeigt die fertige Flaſche.

§. 38. **Der Hebel.** Das Geſetz des Gleichgewichts am Hebel kann man an einem gleich dicken vierkantigen Stabe gut

zeigen, wenn man durch denselben etwa in Abständen von $^1/_2$ Zoll Stricknadelstücke schön senkrecht durchschlägt, dann gleiche Drahtbügel wie Fig. 40 biegt und an jede Axe einen hängt; der mittlere Bügel wird größer gemacht und an ihm der Hebel mittelst

Fig. 40.

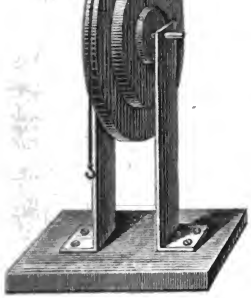
Fig. 41.



einer Schnur aufgehängt, Fig. 41. Sollte er für sich allein nicht im Gleichgewicht sein, so beschneidet man das schwerere Ende bis Gleichgewicht eintritt. Beim Gebrauche bedient man sich der oben beschriebenen Bleigewichte.

§. 39. **Das Rad an der Welle.** Durch ein entsprechendes Stück von hartem Holze wird eine eiserne Axe gesteckt und beide werden zusammen so abgedreht, daß das Holz eine Anzahl mit einander verbundener Scheiben darstellt, deren Durchmesser im Verhältnisse von 1, 2, 3 u. s. w. zu einander stehen (Fig. 42). Jede Scheibe erhält zwei diametral einander gegenüberstehende kleine Haften zum Einhängen von Schnüren. Diese Scheibe wird von zwei gleichen messingenen Schienen, die auf ein Brettchen geschraubt sind, getragen.

Fig. 42.

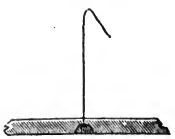


Zur weiteren Erläuterung wird es nun gut sein, wenn man eine einfache hölzerne Welle mit eisernen Zapfen hat, an deren einen man eine

Kurbel oder eine mit dieser gleichen Halbmesser habende Scheibe stecken kann, um daran die Wirkung der Kurbel zu erklären.

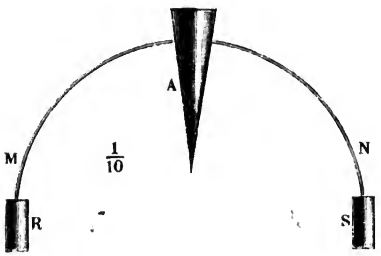
§. 40. **Schwerpunkt.** Zur Erläuterung der Lage des Schwerpunktes in Flächen kann man aus sehr gleichförmigem Holze — am besten Mahagoni- oder Ebenholz — ein etwa eine Linie dickes Dreieck machen lassen und den Schwerpunkt darauf construiren; wenn man dasselbe dann von der entgegengesetzten Seite, wie in Fig. 43, bis über die Mitte weit anbohrt und im Schwerpunkt selbst mit einer feinen Nadel vollends durchsticht, so kann man es an einem Faden aufhängen, und es wird so nahe im Gleichgewicht sein, daß mit wenig Wachs leicht vollends nachgeholfen werden kann. Man muß nur darauf sehen, daß der Schreiner dasselbe schön gleich dick macht. Ebenso kann man an einem Viereck oder Fünfeck verfahren, indem man die Flächen der einzelnen Dreiecke als die in ihren Schwerpunkten angebrachten Gewichte nimmt, durch Rechnung die gemeinschaftlichen Schwerpunkte von zweien sucht und diesen mit einem folgenden Dreiecksschwerpunkte verbindet.

Fig. 43.



§. 41. **Gleichgewicht aufgehängter Körper.** Die verschiedenen Spielereien mit scheinbar unterhalb des Schwerpunktes unterstützten Körpern erläutert man am besten durch den in Fig. 44 abgebildeten Apparat. Durch den unten spitzigen Holzkörper *A* steckt man einen etwa linien-dicken, gebogenen Draht *M, N* und gießt an seine beiden Enden in Papierhülsen die Bleige-

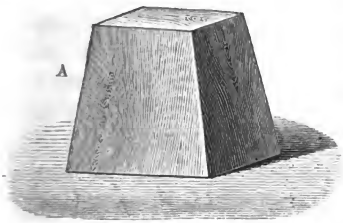
Fig. 44.



wichte *R*, *S*, so daß diese über die Spitze herabreichen. Auf die obere Fläche von *A* kann man nun noch Korkstücke aufleimen, um sein Volumen zu vergrößern. Stellt man die Spitze von *A* auf die Fingerspitze oder auf etwas Aehnliches, so kann man dem Apparate beliebige Bewegungen mittheilen, ohne daß er fällt.

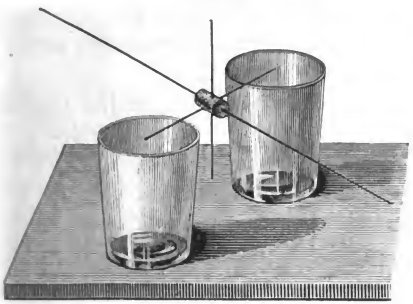
§. 42. **Die Lehre von der Standfestigkeit** erläutert man durch ein pyramidales Stück harten Holzes *A*, Fig. 45, in welches man außerhalb der Mitte von einer Seite Blei eingegossen hat.

Fig. 45.



§. 43. **Die Wage.** Die Art, wie die Empfindlichkeit einer Wage von der Lage ihres Schwerpunktes abhängt, kann man, nach Greiß, sehr einfach auf die in Fig. 46 abgebildete Weise zeigen. Durch einen Kork werden eine ganze und zwei halbe Stricknadeln rechtwinklig zu einander durchgesteckt und dann wird der Apparat auf zwei Trinkgläser gelegt, so daß die ganze Nadel den Wagbalken und die eine halbe Nadel die Axe, die andere aber, die verticale, die Zunge vorstellt. Durch Verschiebung der letzteren kann man die Lage des Schwerpunktes der Höhe nach beliebig ändern und dadurch den Erfolg zeigen, je nachdem der Schwerpunkt mehr oder weniger weit unter oder gar über der Axe liegt.

Fig. 46.



Wenn man sich eine gewöhnliche Wage kauft, so muß man zuerst die Gleicharmigkeit derselben dadurch untersuchen, daß man auf beide Wagschalen Lasten legt, welche etwa halb so groß sind als die größten Lasten, für welche die Wage bestimmt ist, und sie durch Zulage von kleinen Körpern (Schrotkörnern) ins Gleichgewicht bringt. Die Wage muß auch im Gleichgewicht bleiben, wenn man die Schalen verwechselt. Eine solche Wage muß auch bei ihrer höchsten Belastung ein stabiles Gleichgewicht haben. Sie soll auch belastet noch auf etwa 0,0001 des in einer Wagschale befindlichen Gewichtes einen Ausschlag geben. Hierbei ist jedoch nicht gemeint, daß dieses kleine Uebergewicht die Wage aus der Ruhelage bringen müßte, es genügt, wenn sich dadurch der Ausschlag der schon in Bewegung befindlichen Wage ändert.

Außerdem müssen die drei Schneiden hart sein, so wie wenigstens die mittlere Pfanne, was man mit einer Feile untersucht; sie darf nicht angreifen. Solche Wagen sind nun schon etwas theurer, allein die gewöhnlichen Küchenwagen, die man um 1 bis 2 Gulden kauft, taugen gar nicht. Man kann sich ja eher ohne Wage behelfen. Da man auch kleinere Gewichte nöthig hat, als sie im Handel vorkommen, so kann man sich einmal solche auf einer empfindlichen Apothekerwage aus Messingblech machen.

Indessen muß man gelegenheitlich auch die gekauften Gewichte untersuchen. Man bedarf dazu nur eines sichern Gewichtes, z. B. eines Pfundes. Man bringt dasselbe auf die Wage und stellt das Gleichgewicht mittelst Schrotkörnern her, vertheilt diese in beide Schalen bis man wieder Gleichgewicht hat und entfernt die eine Hälfte um nun das halbe Pfund zu untersuchen. So verfährt man bis zu den kleinsten auf der Wage noch wägbaren Gewichten. Man wird übrigens ausreichen, wenn man sich Grane, d. h. $^1/_{240}$ eines Lothes verschafft hat.

§. 44. **Eine Schnellwage** mit Läufer wird man auch erst später anschaffen und warten bis man einmal billig zu einer solchen kommt. Dieselbe muß auf ihre Richtigkeit dadurch untersucht

werden, daß man einmal je nach ihrer Eintheilung z. B. 1 Pfund und 10 Pfund an den Lasthaken hängt und dann nachsieht, ob der Läufer an dem rechten Theilstrich steht, wenn Gleichgewicht stattfindet, und ob auch der Zwischenraum in 10 gleiche Theile getheilt, ob überhaupt die ganze Theilung des längeren Hebelarms richtig ist.

Bringt man eine solche Wage durch angehängtes Gewicht leer — ohne den Läufer — ins Gleichgewicht, so kann man an ihr auch recht gut die Hebelgesetze erklären.

§. 45. **Elasticität.** Die Elasticität des wohlverkühlten Glases zeigt man an den Glastrompeten, Fig. 47, deren dünne vordere Wand sich beim Hineinblasen unter klirrendem Schalle nach außen biegt und beim Anziehen der Luft wieder in die frühere Lage zurückgeht. Ein Büschel Glasfäden dient zu gleichem Zwecke, ebenso ein spiralig zerschnittenes Trinkglas, worüber das Nähere früher mitgetheilt wurde.

Fig. 47.

Fig. 48.

$\frac{1}{5}$

Fig. 49.

Die Bologneser Fläschchen, Fig. 49, bestehen aus nicht verkühltem Glase und springen, wenn man einen Splitter von einem Feuerstein hineinfallen läßt, oder denselben etwas darin herumrüttelt. Es kommen im Handel auch solche Fläschchen vor, die zum Herausnehmen von Brantweinproben u. dgl. bestimmt sind und durchaus die gleiche Form und einen gleich dicken Boden haben; sie sind daran kenntlich, daß ihr Hals glatt abgeebnet und etwas ausgelegt ist, wie Fig. 48. Diese werden verkühlt oder

verlieren doch durch das Aufwärmen des Halses ihre Sprödigkeit, taugen daher zu diesem Versuche gar nicht.

Den Versuch mit den Glasthränen macht man am besten so, daß man dieselben in ein Papier wickelt und ihnen dann die Spitze wohl hinten abbricht; man hat dann all den feinen Sand, in welchen sie zerspringen, im Papiere. Beim Zersprengen in der Luft könnte durch die Splitter Jemand beschädigt werden. Hält man dieselben in ein Trinkglas voll Wasser, so wird das Glas durch die vereinigte Gewalt, mit der die Splitter auseinanderfahren, meistens zerbrochen.

§. 46. **Die Adhäsion** wird gezeigt, 1) mittelst abgeschliffener Platten aus Glas oder Metall, 2) mittelst zusammengepreßter Bleistücke, 3) durch Glas- und andere Platten auf Quecksilber und Wasser.

Ad 1) Glasplatten werden vom Glaser aus nicht zu dickem Spiegelglase rund oder wenigstens achteckig geschnitten, dann wird auf einem gewöhnlichen Schleifsteine der Rand vollends abgerundet; zuletzt werden mittelst Siegellack hölzerne Handgriffe darauf gekittet. Die Platten müssen, wie allemal, wenn man mit Siegellack kittet, so warm gemacht werden, daß das Siegellack von selbst darauf zerfließt. Man wird leicht zwei solche Spiegelstücke finden, die ziemlich gut an einander haften, was man natürlich versucht, bevor man sie in Arbeit nimmt.

Ad 2) Zwei Bleicylinder von etwa $^1/_2$ Zoll Durchmesser und Länge werden zuerst mit der Feile und dann mit dem Federmesser wohl geebnet und im Schraubstocke auf einander gepreßt; sie halten gewöhnlich so fest, daß man sie nur schwer wieder trennen kann.

Ad 3) Dieser Versuch wird am einfachsten folgendermaßen vorbereitet. Auf eine runde Glas- oder Messingscheibe kittet man ein fingerlanges Stück Siegellack und an dasselbe eine Schnur. Man hängt sodann an die gemeine Wage einerseits statt der Wagschale diese Schnur mit der Platte und knüpft sie so, daß die Platte gerade auf eine untergesetzte Tasse mit Wasser reicht. Das Sie-

gellack wird nun durch langsames Erwärmen durch und durch schwach erweicht und die Platte auf das Wasser gesetzt, während in die Wagschale der andern Seite ein kleines Gewicht kommt. Die Adhäsion hält die Platte und das Gewicht zieht das Siegellack so, daß es senkrecht zur Ebene der Platte wird. Daß man dabei die Tasse so rücken muß, daß die Platte nirgends an dem Rande derselben anstößt, sondern frei auf dem Wasser liegt, versteht sich wohl von selbst. Da sich das Siegellack dabei etwas streckt, so macht man nachher an die Schnur einen oder mehrere Knoten, bis die Wage beim Aufliegen der Platte wieder horizontal steht.

Bei dem Versuche selbst wird die freihängende Platte zuerst mit Schrotkörnern an der Wage ins Gleichgewicht gebracht, bevor man die Tasse mit Quecksilber oder Wasser unterseţt. Durch allmälig aufgelegte Gewichte bringt man dann die auf die Flüssigkeit aufgesetzte Platte zum Abreißen. Die Platten müssen dabei sorgfältig gereinigt werden, was man am besten durch Abwaschen mit Weingeist erreicht; auch muß namentlich die Oberfläche des Quecksilbers rein von Staub sein. Man filtrirt es zu dem Zwecke durch einen nach Art der Pfefferdüten gedrehten Trichter aus Schreibpapier, der in einen Glastrichter gesetzt wird, in die Tasse. Diesen Papiertrichter schneidet man unten mit einer Scheere so weit ab, daß das Quecksilber nur in einem feinen Strahle durchläuft. Auch der obere Rand wird abgeschnitten und nach innen umgedrückt, damit der Trichter nicht aufgehen kann. Die Glasplatte wird mit dem Rande zuerst aufgesetzt und dann allmälig gelegt, damit alle Luftblasen entweichen können und das Quecksilber einen klaren Spiegel unter ihr bildet. Bei Wasser sind mit Ausnahme des Filtrirens dieselben Vorsichten nöthig.

§. 47. Einer der wichtigsten Sätze über die Schwere der Körper ist der, daß alle Körper gleich schnell fallen. Am einfachsten zeigt man dieses, indem man ein Papier, das etwas kleiner ist als eine Münze, auf diese legt und nun die Münze flach fallen läßt. Sie kommen mit einander an, während einzeln die Differenz groß ist.

mitführt, ihr die Bewegung mittheilt; ſoll ihr aber eine gewiſſe größere Geſchwindigkeit mitgetheilt werden, ſo erfordert dieſes eine größere Kraft und dieſe kann größer werden als die Reibung und nun bleibt die Münze zurück. Bei einer ſchwereren Münze gelingt der Verſuch nicht leichter, wenigſtens nicht immer, weil auch die Reibung mit dem Gewichte wächſt.

b. Man binde an einen ſchweren Körper einen Faden, der noch ſtark genug iſt, um den Körper daran langſam in die Höhe zu ziehen. Will man aber den Körper am Faden mit einer gewiſſen Geſchwindigkeit aufziehen, ſo kann der Faden reißen. In letzterem Falle wird nämlich zur Bewegung des Körpers eine viel größere Kraft erfordert und dieſe kann größer werden als die Cohäſion des Fadens.

c. Ein Stück einer weichen Subſtanz, Butter, Talg, werde auf eine kleine Platte gelegt und letztere an etwas langen Schnüren aufgehängt. Drückt man mit dem Finger langſam an der weichen Subſtanz, ſo wird ſich der ganze Apparat bewegen laſſen; führt man aber die Fingerſpitze mit einer gewiſſen Geſchwindigkeit gegen den weichen Körper, ſo wird die mitgetheilte Bewegung gering ſein und der Finger in die Subſtanz eindringen. Um den Apparat mit einer gewiſſen Geſchwindigkeit zu bewegen, iſt eine Kraft erforderlich, welche die Cohäſion der weichen Subſtanz überwindet, und nur ſo viel Kraft kann auf die Bewegung des Apparates verwendet werden, als der Cohäſion gleich iſt; wenn nun zugleich der Stoß, der auf die Subſtanz ausgeübt wird, nur ſehr kurze Zeit dauert, ſo wird der kleine Antheil derſelben, der auf die Ueberwindung der Cohäſion fällt, dem ganzen Apparate nur wenig Geſchwindigkeit mittheilen, um ſo weniger, je kürzer die Wirkung dauert. Eine auf eine offene Thür abgeſchoſſene Flintenkugel ſetzt die Thür kaum in Bewegung.

Auch die kleinſte anhaltend wirkende Kraft kann einem Körper nach und nach eine große Geſchwindigkeit mittheilen.

§. 52. **Von der Reibung.** Zu dieſen Verſuchen nimmt man, wenn es ſich nur darum handelt, die Größe der Reibung für

Holz auf Holz und die hauptsächlichsten Gesetze zu zeigen, den in Fig. 33 und 34 abgebildeten Apparat im zugeklappten Zustande. Man bedient sich hierzu eines ungleichseitigen senkrechten Holzprismas, das man auf seinen verschiedenen Flächen mittelst Gewichten über die horizontal gestellte Vorrichtung schleift, und zwar so, daß die Fasern des Holzes an den beiden sich reibenden Stücken bald unter sich parallel, bald senkrecht zu einander sind. Es muß hier natürlich das Prisma für jede Stellung einen eigenen Haken haben, damit die über die Rolle laufende Schnur, an welcher die Gewichte auf einer Wagschale angebracht werden, stets horizontal bleibt. Da man aber hier immer nur kleine Gewichte zulegen kann und man diese doch gewöhnlich nicht in viel größerer Zahl besitzt als die größeren, so muß man sich gleich von vornherein entschließen, bis auf welche Genauigkeit man sich einlassen will, und mit diesem Gewichte anfangen; das Quentchen wird beim Unterrichte genügen, und man nimmt dann immer wieder das kleinere Gewicht weg, bevor man vorsichtig das nächst größere auflegt.

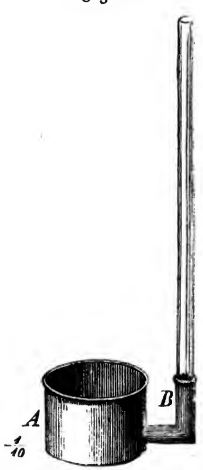
§. 53. **Fortpflanzung des Druckes bei tropfbaren Flüssigkeiten.** Daß der Druck sich nach allen Seiten fortpflanze, kann man an einem Blechgefäße *A*, Fig. 52, zeigen, dessen Hals *B* gut cylindrisch ist, wenn man einen Pfropf, der ebenfalls cylindrisch ist, genau hineinpaßt. Man bringt dann nach oben und an der Seite kleine Oeffnungen an, die man mit Wachs zustreicht, füllt das Gefäß mit Wasser bis oben auf, setzt den Pfropf ein und treibt ihn abwärts, das Wasser spritzt zu allen Oeffnungen heraus, was selbst bei größeren Oeffnungen nicht der Fall ist, wenn man ein solches Gefäß mit Sand füllt. Ein Maß für die gleichmäßige Fortpflanzung auf alle mit dem Stöpsel gleichgroßen Theile der Wand

Fig. 52.

erhält man allerdings auf dieſe Art nicht, daß aber der Druck auf die Wand doch ſehr groß wird, kann man durch die Thatſache erläutern, daß, wenn man in eine gefüllte Flaſche mit cylindriſchem Halſe einen nahezu cylindriſchen Pfropf durch einen Schlag eintreibt, die Flaſche gewöhnlich zerſpringt, wenn ſich zwiſchen Flüſſigkeit und Pfropf nicht noch Luft befindet.

§. 54. **Der anatomiſche Heber.** Derſelbe dient ebenfalls dazu, um die Fortpflanzung der Druckes bei den tropfbar flüſſigen Körpern und die Zunahme deſſelben mit der Höhe der Waſſerſäule zu zeigen; er wird auf folgende Weiſe erhalten. Man läßt vom Blechner ein zweiſchenkliges Gefäß AB, Fig. 53, von Blech anfertigen, deſſen weiterer Schenkel einen etwas ſtarken Rand hat. In den engeren kittet man eine Glasröhre von beliebiger Länge; den weiteren überbindet man mit einer friſchen Thierblaſe, nachdem er vorher eben voll Waſſer gemacht wurde. Man entfernt durch allmäliges Auflegen der Blaſe alle Luft zwiſchen ihr und dem Waſſer; ſollte ſie nun auch etwas eingeſunken ſein, ſo gießt man, nachdem einige Umwicklungen mit einer Schnur gemacht ſind, in den engeren Schenkel ſo viel Waſſer, daß die Blaſe wieder gehoben wird, und zieht dieſelbe unter den erſten paar Gängen der Schnur ſtraff an, bevor man ſie vollſtändig feſtbindet. Füllt man nun Waſſer in die enge Röhre, ſo wird durch deſſen Druck die Blaſe ausgedehnt und aufgetrieben, ſo daß man den Verlauf der ſich kreuzenden Muskelfaſern, wie eben an jeder ſtraff aufgetriebenen Blaſe, deutlich ſehen kann. Legt man ein Brettchen auf die Blaſe, ſo kann man auf dieſes ein der Weite der Röhre A und der Höhe

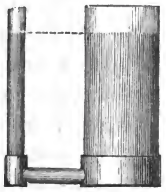
Fig. 53.



des Waſſers in *B* entſprechendes Gewicht legen. Sticht man die Blaſe mit einer Nadel an, ſo ſpringt das Waſſer hervor, jedoch erhält man keine Sprunghöhe, die im gehörigen Verhältniſſe zur Druckhöhe ſteht, da die Oeffnung zu klein iſt.

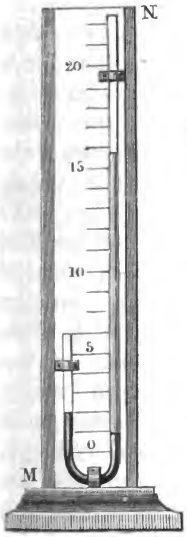
§. 55. **Communicirende Gefässe.** Man läßt in einen Fuß von Blech *a b*, Fig. 54, zwei ungleich weite Glasröhren kitten,

Fig. 54.



wovon die engere nicht unter 4 bis 5 Linien weit iſt; gießt man nun in beide Gefäße einerlei Flüſſigkeit, ſo ſteht ſie in beiden gleich hoch. Um aber verſchiedene Flüſſigkeiten, z. B. Queckſilber und Waſſer, anzuwenden, befeſtigt man auf ein mit Papier bezogenes Brettchen *MN*, Fig. 55, eine gebogene beiderſeits offene, etwa 3 Linien weite Glasröhre, nachdem man eine Theilung in Zolle und Linien auf daſſelbe aufgetragen hat. Zuerſt kommt Queckſilber in die Röhre, ſodann durch einen feinen Trichter Waſſer in den längeren Schenkel. Die Höhe, um welche nachher das Queckſilber in einem Schenkel höher ſteht als im anderen, verhält ſich zur Höhe der Waſſerſäule umgekehrt wie die ſpecifiſchen Gewichte.

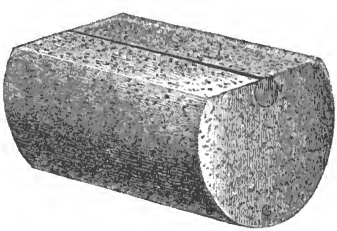
Fig. 55.



§. 56. **Schwimmende Körper.** Zur Darlegung des Geſetzes, daß bei Körpern, welche in Waſſer untergetaucht ſind, der Schwerpunkt des Körpers, wenn er nicht mit jenem des verdrängten Waſſers zuſammenfällt, tiefer liegen müſſe als dieſer, kann man ſich an einen Kork ein Stück Blei angießen und dieſes ſo richten, daß das Syſtem gleiches ſpecifiſches Gewicht hat mit dem

Waſſer, was ziemlich leicht zu erreichen iſt, aber nur dann bleibt, wenn man einen ſehr reinen Kork ausgeſucht hat, der nicht ſo leicht durch Austreten von Luftblaſen und Eindringen von Waſſer ſchwerer werden kann. Um aber zu zeigen, daß bei auf dem Waſſer ſchwimmenden Körpern der Schwerpunkt des Körpers nicht nothwendig tiefer liegen müſſe als der Schwerpunkt des verdrängten Waſſers, daß aber dennoch ſeine Lage keine willkürliche ſei, kann man ſich ſehr zweckmäßig zweier elliptiſcher Walzen bedienen, und zwar einer aus möglichſt leichtem Holze und einer aus einem großen Korke von $^1/_2$ bis 2 Zoll Durchmeſſer geformten. Solche Walzen haben nur eine ſtabile Lage, wenn die kleine Axe der Ellipſe ſenkrecht iſt. Daß aber überhaupt unter gewiſſen Umſtänden bei auf dem Waſſer ſchwimmenden Körpern zwei Gleichgewichtslagen möglich ſind, kann man leicht durch folgenden Verſuch zeigen. Durch einen etwas großen Kork, den Fig. 56 in halber Größe zeigt, ſteckt man in der Mitte zwiſchen Mittelpunkt und Rand einen dicken Meſſingdraht oder einen Bleicylinder durch, und ihm gegenüber nahe am Rand einen dünneren; wenn die Verhältniſſe richtig getroffen ſind, ſo kann der Kork ſtabil ſchwimmen, auch wenn der dicke Draht oben iſt, ſchaukelt man ihn aber zu ſtark, ſo ſchlägt er um. Sollte der dicke Draht zu ſchwer ſein, ſo kann man durch Abſchneiden des Korkes und Befeilen des Drahtes helfen. Bei dem Korke in Fig. 56 wiegt der dicke Draht 33 und der dünne 10 Gramme.

Fig. 56.



Für die Demonſtration des Satzes, daß jeder Körper ſo tief einſinke, bis die verdrängte Flüſſigkeit ſo viel wiege als der ganze Körper, nimmt man ein Blechgefäß von 2 bis 3 Zoll Weite, das oben eine ſeitliche Ausflußröhre hat, und füllt es mit Waſſer, bis

übriges Wasser abläuft. Ist das übrige Wasser durch die Röhre ausgeflossen, so legt man einen möglichst großen Körper in das Wasser, der in demselben schwimmt, und fängt das neuerlich ausfließende Wasser in einem tarirten Gefäße auf; sein Gewicht ist dann dem vorher bestimmten Gewichte des eingetauchten Körpers gleich. Als einzutauchender Körper dient ein Stück Holz oder noch besser ein hohles gehörig beschwertes Blechgefäß.

§. 57. **Gewichtsverlust untergetauchter Körper.** Zur Demonstration dieses Satzes bedient man sich des in Fig. 57 abgebildeten Apparats. Er besteht im Wesentlichen aus einem hohlen Cylinder *c*, der oberhalb an einem Bügel aufgehängt werden kann und unterhalb ein Häkchen hat, und dem massiven oder doch überall verschlossenen Cylinder *p*, der mittelst eines Fadens an *c* gehängt wird; *p* muß gerade die Höhlung von *c* ausfüllen. Die beiden Cylinder werden nun an die eine Seite einer gewöhnlichen Wage (von so viel Empfindlichkeit als die Wagen des Kaufmanns) nach Entfernung der einen Wagschale aufgehängt und es wird durch zugelegte Gewichte das Gleichgewicht hergestellt. Setzt man sodann ein Glas Wasser unter, so daß *p* in dieses untertauchen müßte, so wird das Gleichgewicht gestört und tritt erst wieder ein, wenn *c* eben voll Wasser gemacht wird; es geschieht letzteres am besten dadurch, daß man das Gefäß übervoll macht und mittelst Fließpapier das überflüssige Wasser auffaugt. Die beiden Gefäße können vom Blechner gemacht werden, ihre Ränder müssen aber scharf an einander gelöthet sein und nicht über einander gehen, oder doch die Naht bei *c* nach außen und bei *p* nach innen gerichtet werden.

Fig. 57.

§. 58. **Die Cartesianischen Taucher.** Zur Erläuterung des einschlagenden Gesetzes ist eine hohle Glaskugel von etwa 1/4 bis 1/2 Zoll Durchmesser, die einerseits noch ein Röhrchen mit einer etwa 1/4 Linie weiten Oeffnung hat, viel zweckmäßiger als die gewöhnlichen, aus undurchsichtigem gefärbten Glase angefertigten Figuren. Das Füllen der Kugel, wie der Figuren, geschieht durch gelinde Erwärmung über der Weingeistlampe und nachheriges Untertauchen der Oeffnung; man bringt so mehr als das erforderliche Wasser hinein und entfernt durch Saugen wieder nach und nach soviel davon, bis die Kugel im Wasser wieder schwimmt und, wenn man zur Probe mit der Hand eine Blase über das Gefäß spannt, wie in Fig. 58, durch einen mäßigen Fingerdruck auf die Blase zum Sinken gebracht wird; hierauf bindet man die Blase erst über das Gefäß. Um den Apparat nicht jedesmal erst richten zu müssen, wenn man ihn brauchen will, versetzt man das Wasser mit Weingeist und bindet das Glas mit einer Kautschukplatte zu.

Fig. 58.

§. 59. **Bestimmung des specifischen Gewichts.** Man befestigt die zu bestimmenden Körper mittelst eines feinen Drahtes an die eine Wagschale der Wage, welche so an der Decke des Zimmers aufgehängt wird, daß man die Körper in ein passendes Wassergefäß, welches unter die Wage gesetzt wird, eintauchen lassen kann. Jedenfalls muß die Wage, wenn der Draht befestigt ist, durch in die andere Wagschale gelegte Gewichte wieder ins Gleichgewicht gebracht werden. Das Gewicht des angebundenen Körpers in der Luft ist nun leicht zu bestimmen, aber wenn man dann den

Körper in das in einem untergesetzten Gefäße befindliche Wasser eintauchen läßt, um sein Gewicht im Wasser zu bestimmen, muß man alle etwa anhängenden Luftblasen sorgfältig entfernen. Wenn man sich hierbei, wie ich voraussetze, einer gewöhnlichen guten Wage bedient, so muß man etwas große Stücke von der zu bestimmenden Substanz nehmen.

Für tropfbar flüssige Substanzen kann man sich eines jeden Trinkglases bedienen, auf welches man einen Glasdeckel rund ausschneiden läßt. Das Gewicht des Glases sammt Deckel wird für sich bestimmt, dann das Glas mit Wasser gefüllt, der Deckel aufgeschoben und dann das Glas abgetrocknet; ebenso verfährt man dann mit der zu bestimmenden Flüssigkeit.

§. 60. **Aräometer.** Da diese Instrumente bald als Weinbald als Branntweinwagen in das gewöhnliche Leben übergegangen sind, so muß man das Gesetz, worauf sie beruhen, durch einen einfachen Versuch klar machen. Man erreicht das am besten, wenn man einen aus einer dicken Korksohle geschnittenen Stab durch etwas angekittetes Blei so schwer macht, daß er im Wasser aufrecht schwimmt, worauf man dann in Wasser, Weingeist und Zuckerlösung den Unterschied des Einsinkens zeigen kann. Eine Branntwein- oder Weinwage wird man leicht zu leihen erhalten können, um damit den Versuch mit Flüssigkeiten zu machen, die leichter sind als Wasser.

Wollte man ein Nicholson'sches Aräometer haben, so kann man sich leicht ein solches aus einem Medicinglase machen. Man füllt hierzu den konischen Eindruck des Bodens zum Theil mit Siegellack aus und steckt in dieses den Draht mit dem Schälchen, nachdem der Draht in der Mitte einen Feilstrich als Marke erhalten hat, darauf wird das Glas mit soviel Schrot gefüllt, daß es auch bei vollständigem Einsinken mittelst aufgelegten Gewichtes noch aufrecht schwimmt und, wenn dieses erreicht ist, der Kork eben geschnitten und mit Siegellack überzogen. Fig. 59 zeigt

Fig. 59.

ein solches Aräometer. Beim Wägen der Körper im Wasser kommen diese in die noch übrige Vertiefung des Bodens.

Für jedes solches Instrument wird die Tara, d. h. das erforderliche Gewicht, um dasselbe bis zur Marke einsinken zu machen, bei einer bestimmten Temperatur genau ausgemittelt und aufgeschrieben; um das Gewicht des zu untersuchenden Körpers in der Luft und im Wasser zu finden, braucht man dann nur jene Gewichte, welche noch weiter erforderlich sind, um das Instrument bis zur Marke einzusenken, von der Tara abzuziehen.

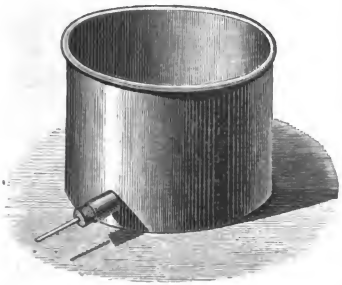
Alle diese Instrumente sind mehr oder weniger träge, d. h. sie bleiben bei einem bestimmten Gewichte bis zu verschiedenen Tiefen im Wasser. Man richtet daher das Gewicht auf dem Schälchen so, daß die Grenzen, bis zu welchen das Aräometer eingetaucht bleibt, gleich weit über und unter der Marke liegen. Man kennt dieses durch leichtes Drücken und Heben des Instrumentes.

§. 61. **Haarröhrchen.** Man färbt das Wasser in einem gewöhnlichen Trinkglase mittelst blauer Dinte ziemlich stark blau und stellt sodann Stücke von Glasröhren hinein; die weitesten nimmt man bis 1 Centimeter weit, die engsten doch nur so eng, daß man den Flüssigkeitsfaden darin noch gut sehen kann. Meistens muß man die Röhren innen vor dem Versuche durch Aufsaugen naß machen, weil sonst die Flüssigkeit in denselben nicht steigt. Nach dem Versuche spült man die gebrauchten Röhren gut aus, und bewahrt sie besonders auf. Um den Versuch mit Quecksilber zu machen, muß man ein Glas mit gerader Wand aussuchen und die Haarröhren an diese Wand andrücken. Man kann auf gleiche Weise den Versuch auch mit farbigem Wasser und einer Glasröhre machen, die man vorher innen beölt hat.

§. 62. **Ausfluss des Wassers.** Da es hier wohl genügen wird, zu zeigen, welchen Einfluß die Länge einer Röhrenleitung auf die Ausflußmenge hat, so dürfte hierfür ein einfaches Blechgefäß *A*, Fig. 60, genügen, welches unten eine kurze Röhre hat, in die man mittelst Korkstöpseln gläserne Ausflußröhren von gleicher Weite

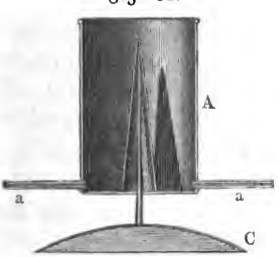
aber ungleicher Länge (1 : 4) einstecken kann. Bei dem Versuche macht man das Gefäß voll und beobachtet die Zeit, welche erforderlich ist, um 1 Zoll Wasser auslaufen zu lassen. Freilich muß man beim Wechsel der Röhren das Gefäß ganz ausleeren, allein alle anderen Vorrichtungen sind entweder zu theuer oder entziehen sich, wie etwa ein Mariotte'sches Gefäß, dem Verständniß auf dieser Stufe. Wollte man die Beschaffenheit des ausfließenden Strahles zeigen, so bedarf es nur einer kurzen rechtwinklig nach unten gebogenen Ausflußröhre bei geringer Druckhöhe.

Fig. 60.



§. 63. **Rückstoss des Wassers.** Man kann sich hiefür eine sehr einfache Vorrichtung vom Blechner machen lassen, die in Fig. 61 im Durchschnitte abgebildet ist. Das Gefäß *A* hat am Boden zwei diametral gegenüberstehende gerade Ausflußröhren *a a*, welche an ihrem Ende verschlossen sind, aber dafür nach entgegengesetzter Richtung eine seitliche Oeffnung nahe am Ende haben. In der Mitte hat das Gefäß eine konische Erhöhung, mittelst welcher es auf dem gespitzten Eisendraht des Gestelles *C* sitzt. Man stellt das Gefäß in eine etwas vertiefte Platte und füllt dasselbe mit Wasser; das Gefäß dreht sich nun nach der dem Ausflusse entgegengesetzten Seite.

Fig. 61.



§. 64. **Der Versuch von Toricelli.** Zur vorläufigen Erläuterung dieses Versuches gießt man Quecksilber in einen etwas

hohen Glascylinder und stellt eine beiderseits offene Glasröhre von solcher Weite hinein, daß die Wirkung der Capillarität verschwindet. Auf das äußere Quecksilber gießt man dann Wasser, dessen Druck das Quecksilber in der Röhre steigen macht. Da das Gleiche für jede Flüssigkeit erfolgen müßte, so muß das Quecksilber in der Röhre höher stehen, wenn in der Röhre keine, wohl aber außerhalb derselben atmosphärische Luft auf dem Quecksilber liegt.

Zu dem Versuche von Toricelli selbst nimmt man 76 bis 80 Centimeter lange und etwa 2 Linien weite Glasröhren, die man einerseits zuschmilzt; sie müssen rein sein und daher verstopft aufbewahrt werden. Hat das Quecksilber Schmutz darin zurückgelassen, oder sind sie sonst unrein geworden, so müssen sie entweder durch neue ersetzt werden, oder man muß die zugeschmolzene Seite öffnen und die Röhre sorgfältig auswischen, indem man mittelst eines umgebogenen Drahtes ein Stück reines weiches Fließpapier wiederholt durchzieht. Sind nämlich die Röhren unrein, so bleibt viel Luft an den Wänden der Röhre hängen und diese steigt dann in Blasen auf, sobald man die mit Quecksilber gefüllte Röhre umkehrt und in das Quecksilbergefäß stellt. Als Gefäß dient ein Trinkglas, welches so weit sein muß, daß man die mit dem Zeigefinger verschlossene Röhre gut unter das Quecksilber bringen kann. Am besten läßt man eine solche Röhre gefüllt; man neigt sie, bis das Quecksilber oben anstößt, verschließt mit dem Finger und kehrt um; in dieser Lage hängt man sie an einer darum gebundenen gewichsten Schnur auf.

Die Röhre wird durch einen aus Schreibpapier nach der in §. 26 angegebenen Weise gedrehten Trichter gefüllt, oder es muß das Quecksilber vorher durch einen solchen Trichter gereinigt werden, in welchem Staub und Oxydhäutchen fremder Metalle zurückbleiben. Noch besser reinigt man das Quecksilber durch Schütteln mit verdünnter heißer Salpetersäure, wobei man freilich auch Quecksilber verliert; nachher wird dasselbe durch Schütteln mit Wasser gewaschen und mit Fließpapier getrocknet. Will man den Versuch genauer anstellen, so füllt man die erwärmte neue Röhre

mit erhitztem Queckſilber durch einen langen Glastrichter, d. h. durch eine ziemlich enge, einerſeits trichterförmig erweiterte Glasröhre.

Iſt die Röhre bis auf etwa fünf Linien gefüllt, ſo verſchließt man ſie mit dem Finger und läßt die ſo eingeſchloſſene Luftblaſe durch Umkehren der Röhre ein- oder zweimal durch die ganze Röhre laufen, um einzelne kleine an der Röhre hängende Luftblaſen zu ſammeln. Die Röhre wird nun eben voll gemacht, mit dem Finger verſchloſſen und in das Queckſilbergefäß umgekehrt. Wegen der Anwendung des abgekürzten Barometers u. ſ. w. macht man denſelben Verſuch auch noch mit einer Röhre, welche weniger als 76 Centimeter lang iſt, wo dann die Röhre beim Umkehren gefüllt bleibt.

An dieſen Verſuch knüpft man dann die Erklärung des Barometers in ſeiner gewöhnlichen Form, wozu man ſich ein Inſtrument leiht, wenn die Mittel nicht hinreichen, um ein eigenes Barometer für die Schule anzuſchaffen.

Das Queckſilber für ſolche Verſuche bewahrt man beſonders auf, weil dasjenige, welches im Allgemeinen und namentlich für elektriſche Verſuche gebraucht wird, bald mit fremden Metallen verunreinigt iſt.

Ein anderer hierher gehöriger Verſuch iſt folgender: Wenn man ein Trinkglas mit eben geſchliffenem Rande genau voll Waſſer füllt, ſodann ſo mit einem Blatte Schreibpapier bedeckt, daß keine Luftblaſe unter dem Papiere bleibt, ſo kann man ein Brettchen oder ein Buch auf das Papier legen und das Glas umkehren; man kann es nun verkehrt aufheben, ohne daß die Flüſſigkeit ausfließt. Setzt man das Glas auf den Tiſch, ſo kann man ſelbſt das Papier darunter hervorziehen, wieder friſches Papier darunter bringen, das Glas von dem Tiſche wieder auf das Brettchen ſchieben und mit dieſem wieder aufrecht ſtellen. Nur muß man entweder ein gut ſteifes Papier, oder ein ſolches nehmen, das nur wenig größer iſt als das Glas, ſonſt könnte der Verſuch möglicherweiſe nicht gelingen.

§. 65. Kauft man ein Barometer, ſo muß man darauf ſehen, daß die Röhre nicht unter einer Linie weit iſt, auch das Gefäß muß

etwa 1 Zoll weit sein. Man überzeugt sich nachher durch Nachmessen, daß die Theile der Scala die angegebene Entfernung vom Queckſilber des Gefäßes haben und verrückt, wenn nöthig, die Scala. Die Barometermacher rücken nämlich ihre Scala gewöhnlich ſo, daß „veränderlich“ an den mittleren Barometerſtand des Ortes kommt und nehmen dabei auf die Zollſcala keine Rückſicht. Ein gewöhnliches Barometer mit ſeitlichem birnförmigen Gefäße iſt hier vollkommen genügend. Soll ein ſolches Barometer von der Stelle gebracht werden, ſo neigt man daſſelbe vorſichtig zur Seite, ſo daß das Queckſilber im Gefäße mit jenem in der Röhre in Berührung bleibt. Man neigt es ſo weit bis das Queckſilber die Röhre ganz ausfüllt, wobei dann aber keine Luftblaſe übrig bleiben ſoll; in dieſer geneigten Lage wird das Inſtrument an ſeine neue Stelle gebracht und langſam wieder aufgerichtet. Je luftfreier das Barometer iſt, deſto lebhafter ſchlägt das Queckſilber am verſchloſſenen Ende der Röhre an, deſto gefährlicher wird aber auch ein raſches Neigen für das Inſtrument.

Fig. 62.

§. 66. **Das Mariotte'sche Geſetz.** Um dieſes Geſetz für die Verdichtung nachzuweiſen, kann man ſich eine wenigſtens 4 bis 6 Zoll vom Ende an gleich weite Glasröhre an dieſem Ende zuſchmelzen und heberförmig umbiegen, ſo daß der zugeſchmolzene Theil den kürzeren Schenkel bildet. Dieſe Röhre wird mittelſt gebogener Meſſingſtreifchen und Holzſchräubchen auf ein Brettchen, wie Fig. 62, befeſtigt, nachdem man vorher einen darauf geleimten Papierſtreifen in Zolle und Linien getheilt, von unten an beziffert und mit gebleichtem Schellack gefirnißt hat.

Bei dem Versuche selbst bringt man zuerst nur so viel Quecksilber in die Röhre, daß der gebogene Theil derselben gefüllt wird, und sucht durch wiederholtes Neigen und Aus- oder Einlassen kleiner Luftblasen in den verschlossenen Schenkel das Quecksilber in beiden Schenkeln gleich hoch zu bringen, etwa bis *ab*, welcher Stand notirt wird. Nun wird in den längeren Schenkel eine beliebig hohe Quecksilbersäule eingegossen; ist dadurch das Quecksilber im verschlossenen Schenkel bis *cd* gestiegen, so wird sich stets das frühere Volumen der Luft zum jetzigen verhalten wie der augenblickliche Barometerstand zu diesem + der Höhe des Quecksilbers über *cd*. Läßt es die Länge der Röhre zu, so kann man immer um ganze Atmosphären mit dem Drucke fortschreiten und dadurch das Volumen der Luft auf $^1/_2$ und $^1/_3$ reduciren, wozu es dann bequem ist, wenn das ursprüngliche Volumen eine durch 2 und 3 theilbare Zahl von Zollen beträgt.

§. 67. **Die Luftpumpe***). Nur in seltenen Fällen wird man unter den hier vorausgesetzten Verhältnissen im Falle sein, eine Luftpumpe anzuschaffen. Indessen genügt für diese Verhältnisse eine sogenannte Handluftpumpe, die zum Preise von 20 bis 30 Fl. zu erwerben ist. Diese Instrumente haben weder Kurbelbewegung noch Selbststeuerung. Es kommt hier nicht darauf an, ob man zum einzelnen Versuche etwas mehr oder weniger Zeit braucht. Fig. 63 (a. f. S.) zeigt eine solche Luftpumpe zum Aufschrauben auf einen Tisch; die zu entleerenden Gefäße können mit jedem Arme durch Glasröhren mit Kautschuk verbunden werden; bequem für solche Verbindungen sind Röhren aus vulcanisirtem Kautschuk, die man über eine Drahtspirale gestreift hat. Man kann auch mit dem einen Arme eine gekrümmte, an 30 Zoll lange Glasröhre verbinden, welche über den Tisch hinab in ein Gefäß mit Quecksilber

*) Dieser Artikel wurde nur aufgenommen, weil mir mehrere Fälle bekannt sind, wo Anstalten ältere Instrumente der Art geschenkt erhielten, oder kleine neu anschafften.

reicht, um an dem Aufſteigen des letzteren den Grad der Verdünnung zu meſſen. Es iſt für viele Verſuche gut, wenn beide

Fig. 63.

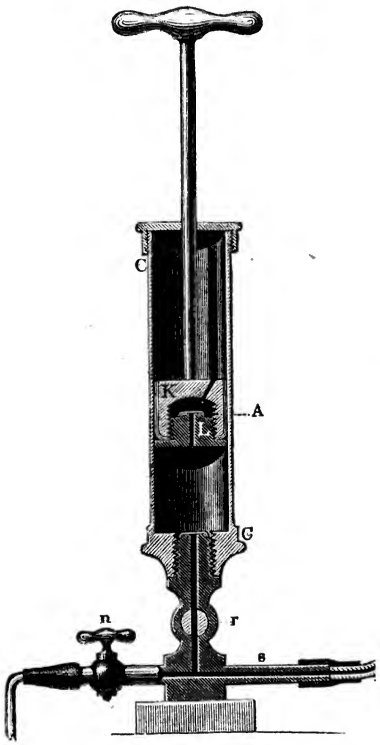


Fig. 64.

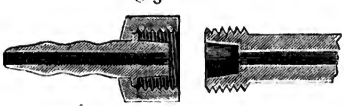
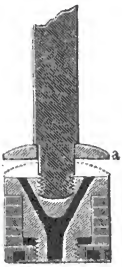


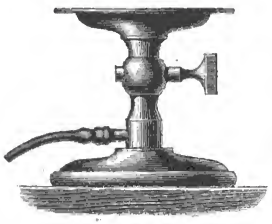
Fig. 65.



Arme mit Hahnen verſehen ſind und das Anſchrauben der Barometerröhre oder der Kautſchuk- und Glasröhren durch Zugſchrauben, wie Fig. 64, geſchieht. Meiſtens haben dieſe Luftpumpen keinen doppelt durchbohrten Hahn, ſondern im Kolben ein Klappenventil. Für ſo kleine Kolben bringt man dieſes zweckmäßig oben auf dem Kolben an, wie in Fig. 65, wo die Klappe *a* ſich an der Kolbenſtange bewegt.

Ein Glasteller, wie Fig. 66, auf abgesondertem Gestelle erhöht die Bequemlichkeit bei dem Versuche sehr und macht die Ausführung von manchen erst möglich.

Fig. 66.



§. 68. **Behandlung der Luftpumpe.** Die Luftpumpe bedarf ihrer Natur nach einer sehr sorgfältigen Behandlung, wenn sie längere Zeit gute Dienste leisten soll. Vor Allem ist Reinlichkeit nothwendig, und sie sollte daher alljährlich einmal ganz gereinigt werden und frisches Fett erhalten. Es geschieht dieses am zweckmäßigsten, wenn die Luftpumpenversuche für einen Curs beendigt sind, und man macht daher lieber gleich mit den eigentlich hierher gehörigen Versuchen auch jenen über das Kochen des Wassers im luftverdünnten Raume, weil nach diesem die Luftpumpe nothwendig gereinigt werden sollte. Die Reinigung geschieht mit Fließpapier, das man anfänglich mit etwas Alkohol befeuchten kann; nachher giebt man den Kolben und Hahnen wieder frisches Fett. Bei den Kolben muß das Fett auf diese und nicht in den Cylinder gestrichen werden, weil im letzteren Falle das Ueberflüssige gegen den Boden des Cylinders getrieben wird und hier das vollständige Anliegen der unteren Kolbenfläche hindert, wodurch ein bedeutender schädlicher Raum erzeugt wird; außerdem werden dadurch die Canäle verstopft. Für die Kolben nimmt man Schweinefett, für die Hahnen kann man Talg oder eine Mischung von diesem und gleichviel Schweinefett nehmen. Die Stangen und Getriebe erhalten Oel. Es ist gut, wenn man das zu verwendende Fett in einem bedeckten Gefäße aufbewahrt und es vor der Verwendung noch mit den Fingern durchgreift, um alle harten Theile zu entfernen.

Kann die Luftpumpe nicht im Glaskasten aufbewahrt werden, so macht man ein darüber passendes Futteral aus Pappe, um sie vor Staub zu schützen.

Eine nicht unweſentliche Vorſichtsmaßregel zur Erhaltung der Luftpumpe beſteht auch darin, daß man es nicht verſucht, den Kolben zu bewegen, wenn das Inſtrument in der Kälte ſteht; immer muß daſſelbe zur Winterszeit einige Zeit vor dem Gebrauche in das geheizte Zimmer gebracht werden.

Bei den Verſuchen beſtreicht man den abgeſchliffenen Rand der Glocken mit einer Talgkerze; doch halten fein geſchliffene Glocken auf einem guten Teller auch ohne beſonderes Fett.

Das Arbeiten mit der Luftpumpe muß im Anfange langſam geſchehen, da die Luft der engen Canäle wegen Zeit braucht, um ſich gleichförmig im ganzen Raume zu verbreiten; das hörbare Ziſchen der Luft, oder das noch andauernde Sinken der Barometerprobe giebt hierfür ſchon von ſelbſt ein Maß ab; ſowie die Verdünnung fortſchreitet, arbeitet man dann ſchneller. Ohne dieſe Vorſicht arbeitet man ſich unnöthigerweiſe ab und das Durchmachen einer Anzahl von Luftpumpenverſuchen iſt ja ohnehin ermüdend genug. Ungeübten Händen darf man aber dergleichen Apparate nie überlaſſen.

Man ſollte es nie verſuchen, einen Recipienten auch nach nur wenigen Zügen von dem Teller wieder zu entfernen, ohne vorher Luft zugelaſſen zu haben. Es leidet dabei, je nach ihrer Conſtruction, die Luftpumpe ſelbſt und der Recipient wird leicht zerbrochen. Das Entfernen der Recipienten geſchieht übrigens immer ſo, daß man dieſelben drehend über den Rand des Tellers hinausſchiebt.

Immer wählt man den kleinſten noch brauchbaren Recipienten zu den Verſuchen aus. Recipienten von beliebiger Kleinheit verſchafft man ſich leicht aus Trinkgläſern mit ſtarkem Boden, deren Rand eben geſchliffen wird.

Wenn man eine Reihe der Luftpumpenverſuche fertig hat, ſo muß der Glasteller und der geſchliffene Rand der Glocken wieder ſorgfältig von Fett gereinigt werden.

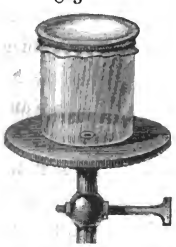
§. 69. **Verſuche mit der Luftpumpe.** 1) Eine feſt zugebundene, mit Luft ſchwach gefüllte Blaſe dehnt ſich unter dem

Recipienten der Luftpumpe aus, sobald die Luft ausgezogen wird; man kann es dahin bringen, daß die Blase platzt, wenn man zu viel Luft darin gelassen hat. Eine solche Blase bewahrt man am besten unter einer Luftpumpenglocke selbst auf, da sie sonst von einem Jahr zum anderen leicht von Insecten meist an versteckten Stellen durchlöchert wird. Anstatt einer Schweinsblase kann man auch ganz mit Luft gefüllte Blasen aus vulcanisirtem Kautschuk bei diesem Versuche verwenden.

2) Der Recipient sitzt durch den Druck der Luft fest auf dem Teller, wobei indessen zu bemerken ist, daß die wenigsten Constructionen es erlauben, dieses durch Jedermann selbst versuchen zu lassen.

3) Das Blasensprengen. Soll dieser Versuch sicher gelingen, so muß eine frische, eben erst stark aufgeblasene Schweinsblase recht straff über einen 2 bis 4 Zoll weiten Ring von Glas oder Metall gespannt und darauf getrocknet werden. Der Ring selbst muß hierfür einen verdickten oder, wenn er von Glas ist, einen umgelegten Rand haben und auf der anderen Seite gut eben geschliffen sein. Diese Seite wird mit Fett bestrichen auf den Teller der Luftpumpe gesetzt, Fig. 67. Unmittelbar vor dem Versuche wird die Blase über Feuer — im Winter auf dem Ofen — scharf getrocknet; ohne letztere Vorsicht wird der Versuch leicht mißglücken. Auch eine dünne Glasplatte kann auf demselben Ringe gesprengt werden, wenn sie eben genug ist, um mit Fett luftdicht auf dem Ringe zu schließen. Bei diesen Versuchen darf man nicht versäumen, die Barometerprobe, wenn die Luftpumpe eine solche hat, durch den Hahn abzusperren, weil letztere beim plötzlichen Luftzutritt leicht verdorben werden könnte. Nimmt man eine Glasplatte, um sie zu sprengen, so muß der Teller mit einem Stücke Filz bedeckt werden, damit keine Splitter in das Instrument gelangen können.

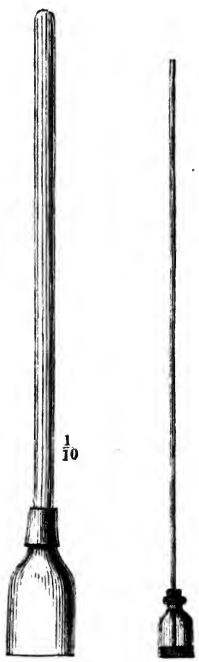
Fig. 67.



4) Das Barometer sinkt unter dem Recipienten der Luftpumpe beim Ausziehen. Man verfertigt sich für diesen sehr instructiven

Verſuch einen hohen engen Recipienten, Fig. 68, aus einem gläſernen Trichter und einer mit dem Rohre des Trichters ungefähr gleich weiten einerſeits zugeſchmolzenen Glasröhre; man läßt nämlich vom Blechner oder beſſer vom Gürtler, wenn man nicht ſelbſt hart löthen kann, einen zollangen Ring von Blech machen, in welchen die beiden Glasſtücke paſſen, und kittet ſie in den Ring ſo tief hinein, daß Glas an Glas ſteht. Der Trichter wird ſodann unten wohl eben geſchliffen. Man bekömmt übrigens Trichter mit eben geſchliffenem Rande in den Glashandlungen. Als Barometer kommt darunter eine Toricelli'ſche Röhre ohne Scale, die man durch Kork in ein kleines Gläschen voll Queckſilber ſteckt, Fig. 69. Das Queckſilber wird ſodann bis auf das Nöthigſte aus dem Gläschen ausgegoſſen, bevor man den vorher an die Röhre geſteckten Pfropf in die Oeffnung ſchiebt, damit beim Sinken des Barometers das Queckſilber aus der Röhre gehörig Raum finde, weswegen dieſe nicht zu weit ſein darf. Man nimmt eine neue, noch ſehr reine Glasröhre dazu, und läßt dann den Apparat für dieſen Verſuch beiſammen. Der Pfropf muß für den Luftzutritt einen ſeitlichen Einſchnitt haben.

Fig. 68. Fig. 69.



5) Holz iſt ſpecifiſch ſchwerer als Waſſer. Will man dieſes durch die Luftpumpe zeigen, ſo muß man das dazu beſtimmte Stückchen Holz in einem Trinkglaſe durch ein Gewicht unter Waſſer halten, dann, wenn es nicht ſehr porös iſt, ziemlich anhaltend auspumpen und nach dem Luftzulaſſen noch einige Zeit warten, bis wirklich der atmoſphäriſche Druck das Waſſer in die Poren des

Holzes gepreßt hat. Je öfter aber ein Stückchen Holz zu dieſem Verſuche gedient hat, deſto leichter gelingt derſelbe damit.

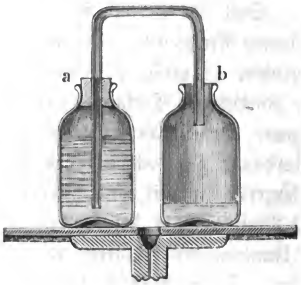
6) Waſſer kocht bei niedriger Temperatur, bei 40° etwa, wenn man den Druck der Luft entfernt. Soll der Verſuch ſchnell und ſicher gehen, ſo wähle man einen kleinen Recipienten und ein hohes enges Waſſergefäß. Iſt der Recipient zu groß, ſo bewirkt der Kolben nicht bei jedem Zuge eine hinreichende Entfernung der gebildeten Waſſerdämpfe, deren eigener Druck das Aufkochen des Waſſers hindert, daher dieſes überhaupt nur während des Ausziehens ſtattfindet. Iſt das Waſſergefäß zu weit, ſo entſtehen ſo viel Dünſte auf der Oberfläche des Waſſers, als der Kolben entfernt, und es bilden ſich keine im Inneren des Waſſers, es kann alſo wieder kein Aufkochen entſtehen. Dieſen Verſuch kann man bei einer Handluftpumpe anſtellen, wenn man auch keinen Teller dazu hat; man braucht nur einen kleinen Glaskolben durch Glas- und Kautſchukröhren mit der Luftpumpe in Verbindung zu ſetzen, nachdem man das Waſſer darin gehörig erwärmt hat. Aether verdampft noch viel leichter. Füllt man daher eine einerſeits zugeſchmolzene, einige Zoll lange Glasröhre mit Waſſer, auf welches einige Tropfen Aether gegoſſen werden, kehrt ſie in ein Glas Waſſer um und bringt ſie ſo unter den Recipienten der Luftpumpe, ſo entwickeln ſich Aetherdämpfe, die die Röhre füllen und beim Wiederzulaſſen der Luft wieder condenſirt werden.

7) Um zu zeigen, daß ein Licht in verdünnter Luft erliſcht, wähle man ein niedriges Wachslicht und eine etwas hohe Glasglocke, damit die Erhitzung an der Stelle des Knopfes derſelben nicht etwa ein Springen veranlaßt. Das Licht löſcht übrigens nach wenigen Zügen aus.

8) Der Heronsball fließt im leeren Raume. Befeſtigt man mittelſt eines gut ſchließenden Korkes in ein zum Theile mit Waſſer gefülltes Gefäß *a*, Fig. 70 (a. f. S.), eine gekrümmte, beiderſeits offene in das Waſſer reichende Glasröhre, deren anderes Ende in ein leeres Gefäß *b* reicht, und bringt den Apparat unter den Recipienten, ſo treibt die Elaſticität der in *a* eingeſchloſſenen Luft beim

Auspumpen das Waſſer in das Gefäß *b*. Läßt man die Röhre gerade und zieht ſie in eine Spitze aus, ſo hat man einen Heronsball der einfachſten Art. Man kann dieſen unter dem Recipienten zum Springen bringen, doch muß man ſich dabei hüten, den Verſuch zu lange fortzuſetzen, weil ſonſt Waſſer in die Luftpumpe kommen könnte, was für andere Verſuche ſtörend iſt.

Fig. 70.



9) Einen Apparat für den Queckſilberregen kann man ſehr einfach aus einem Lampenkamin, Fig. 71, herſtellen, deſſen erweiterte Seite eben geſchliffen wird. In die andere Seite wird ein abgedrehtes Stück Nußbaumholz, wie Fig. 72 im Durchſchnitte zeigt, eingekittet; ein anderes zu einem Napfe ausgedrehtes Stück, Fig. 73, wird in den erweiterten unteren Theil auf den Teller geſtellt, um das Queckſilber aufzufangen, damit nicht etwa ein Tröpfchen davon in die Luftpumpe gelangen und den Schluß der Hahnen verderben könne.

Fig. 71.

Fig. 72.

Fig. 73.

10) Will man den Gewichtsunterſchied zwiſchen einem mit Luft erfüllten und zwiſchen einem luftleeren Gefäße zeigen, ſo wählt man ein dünnes Glas — ein ſogenanntes Kochfläſchchen — mit engem Halſe, verſieht es mit einem gut ſchließenden Korkſtöpſel, welcher vorher mittelſt eines glühenden Drahtes 1 bis 2 Millimeter weit durchbohrt und dann eben geſchnitten wird. Beſſer iſt es, wenn man einen Kork von ſehr reiner Schnittfläche ausſucht, den man ganz eintreiben kann, weil es ſchwer iſt, wieder eine ſo glatte Fläche zu ſchneiden, wie ſie die Korke gewöhnlich haben.

Man bindet dann ein Stück Wachstaffet darüber und macht in denſelben auf beiden Seiten neben der Oeffnung zwei parallele kleine Schnitte, wie dieſes Fig. 74 (und Fig. 75 in größerem Maßſtabe) zeigt. Man erhält ſo ein einfaches und gut ſchließendes Ventil, wovon man auch in anderen Fällen Gebrauch machen kann. Das Gefäß wird behufs der Entleerung unter einen möglichſt kleinen Recipienten geſtellt und aus dieſem die Luft ausgepumpt, worauf man das Gefäß abwägen kann. Ein ſolcher Ballon braucht nur etwa $^1/_2$ Liter zu faſſen. Wenn man nur eine Handluftpumpe hat, ſo nimmt man das Gefäß noch kleiner, und es wird leicht ſein, daſſelbe mittelſt Glas- und Kautſchukröhren mit der Luftpumpe zu verbinden.

Fig. 74.

Fig. 75.

Fig. 76.

Barrentrapp hat hierfür die in Fig. 76 in halber Größe abgebildete Vorrichtung angegeben, wo das Ventil auf einem Korke in einer Glasröhre ſitzt; die Glasröhre ſelbſt wird durch die Röhre *a* in den Kork des auszupumpenden Gefäßes geſteckt und durch *b* mit der Luftpumpe verbunden. Steckt man *b* in das Gefäß, ſo kann der Apparat zum Comprimiren gebraucht werden. Die Korke können zur völligen Sicherheit mit Siegellack oder Siegellacklöſung verkittet werden.

§. 70. **Der Heber.** Einen Heber biegt man aus einer Glasröhre, wie Fig. 77. Zum Fließen bringt man denſelben, wenn er in ein Gefäß mit Waſſer eingeſetzt iſt, durch Anſaugen bei *a*. Wollte man einen Heber mit Saugrohr haben, ſo kann man von einem Cölniſchwaſſerglas den Bo-

Fig. 77.

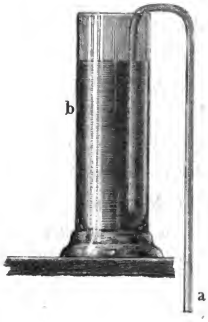


Fig. 79.

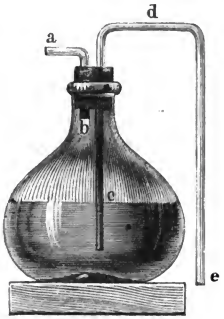
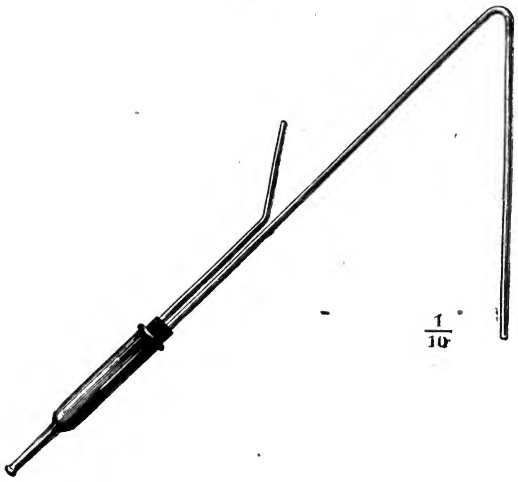


Fig. 78.



den absprengen, den Rand unter Befeuchtung mit Terpentinöl glatt und innerhalb etwas ausfeilen, worauf man einen Korkstöpsel mit zwei Oeffnungen eindrückt. In diese Oeffnungen steckt man das Ende des Hebers und der Saugröhre wie in Fig. 78. Um zu zeigen, daß der Luftdruck es ist, welcher den Heber fließen macht, treibt man in ein Glasgefäß einen Pfropf mit zwei Oeffnungen, in welche der Heber *cde*, Fig. 79, und das Röhrchen *ab* gesteckt werden. Saugt man den Heber bei *e* an, so fließt das Wasser aus dem Gefäße aus, so lange *ab* offen ist; hält man aber die Oeffnung *a* zu, so hört das Fließen bald auf, weil in Folge des noch etwas anhaltenden Ausfließens der Luftdruck in dem Gefäße bald so viel geringer wird, als der Druck der äußeren Luft, als der Druck einer Wassersäule beträgt, deren Höhe gleich ist der Differenz zwischen der Wasserfläche im Gefäß und der Ausflußöffnung des Hebers.

Da der Heber überall angewendet wird, um aus größeren Gefäßen Flüssigkeiten zu entleeren, so ist es manchmal zweckmäßig, an die Ausflußöffnung ein Stück Kautschukrohr zu stecken und dieses

Fig. 81.

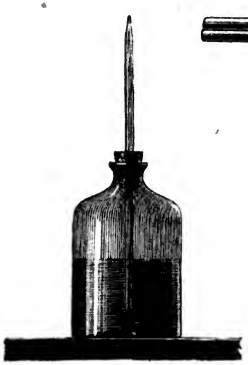
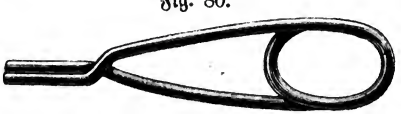


Fig. 80.



mit einer aus Stahldraht gebogenen Klemme, deren Schenkel sich kreuzen, Fig. 80, zu verschließen.

§. 71. **Der Heronsball.** Man kann sich einen solchen aus jedem Glase mit nicht zu engem Halse leicht verfertigen. Man zieht sich zu dem Ende eine etwas starke im Lichten noch wenigstens 3 Millim. weite Glasröhre

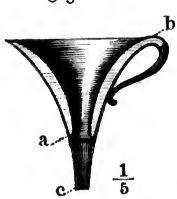
spitz aus und bricht die Spitze ab; diese Röhre wird mittelst Kork in das Gefäß befestigt, wie Fig. 81 (a. v. S.) zeigt. Zum Springen bringt man den Heronsball, indem man entweder durch die Spritzröhre weitere Luft einbläst oder indem man denselben unter den Recipienten der Luftpumpe stellt und auspumpt.

§. 72. **Der Stechheber** ist eine gläserne oder blecherne, etwa 1 bis 2 Zoll weite Röhre, Fig. 82, welche einerseits in ein engeres, oben ebenes, mit dem Daumen verschließbares Stück, andererseits in eine ziemlich feine Spitze ausläuft, deren Oeffnung noch weniger als eine Linie Durchmesser hat. Taucht man denselben in ein Gefäß mit Flüssigkeit, so füllt er sich; verschließt man aber dann die obere Oeffnung mit dem Daumen, so kann man das Instrument herausziehen, ohne daß die in ihm enthaltene Flüssigkeit ausläuft; lüftet man den Daumen ein wenig, so kann man von dem Inhalte beliebige Mengen ausfließen lassen. Der Gebrauch des Werkzeugs, um Proben aus gefüllten Fässern zu nehmen, ist bekannt.

Fig. 82.

§. 73. **Der Zaubertrichter**, Fig. 83, besteht aus zwei Trichtern in einander, welche zwischen sich einen Raum übrig lassen, in den die ganz schmale kreisrunde Oeffnung bei *a* führt; diese Oeffnung wird gebildet von den Spitzen der beiden Trichter, die am oberen Rande luftdicht mit einander verlöthet sind. Die Handhabe ist zum Theil hohl und steht oberhalb mit der inneren Höhlung in Verbindung; sie hat bei *b* eine kleine Oeffnung. Man füllt den Trichter, indem man die Spitze bei *c* verschließt, die Flüssigkeit dringt nun auch in den Zwischenraum; hält man aber die Oeffnung bei *b* zu, so fließt die Flüssigkeit aus dem Zwischenraume nicht ab, und man kann sie erst nachher durch

Fig. 83.



zeitweises Lüften des Fingers über *b* in beliebigen Portionen abfließen lassen.

§. 74. **Pumpen.** Zur Erläuterung der Wirkung der Saug- und Druckpumpen muß man sich mit größeren Durchschnittszeichnungen begnügen, da andere Modelle als solche, die aus Glasröhren gefertigt sind, nichts zur Erläuterung beitragen können, da ja jedes Kind die äußere Form und Wirkung dieser Vorrichtungen kennt. Modelle von Glas sind aber nicht wohlfeil und auch nicht wohl selbst auszuführen.

Gelegenheit, ein wirkliches Ventilstück oder einen Kolben aus einem Pumpbrunnen zu erwerben, giebt es wohl überall, wenn man sie abwarten kann, und sehr oft giebt es wohl auch Gelegenheit, eine kleine Feuerspritze, sogenannte Krückenspritze, zum Vorzeigen leihen zu können.

§. 75. **Luftballon.** Zur Erläuterung der Montgolfieren kann man eine solche im Kleinen herstellen und zum Steigen bringen; sie müssen aber aus sehr feinem Papier verfertigt werden und mindestens $1^1/_2$ bis 2 Fuß Durchmesser haben. Unterhalb erhalten sie dann einen 5 bis 6 Zoll weiten Ring von dünnem Draht. Um sie steigen zu lassen, hält man sie an einem in die Spitze eingeklebten Faden mit einer Hand und breitet sie mit der anderen nach allen Richtungen gut aus; das Erwärmen geschieht durch ein zusammengedrehtes in Weingeist getauchtes Stück Fließpapier, mit welchem man rasch tief in den Ballon hineinfährt.

§. 76. Zur Erläuterung der Charlieren müßte man einen Ballon aus Collodium nehmen. Man erhält solche Ballons, wenn man in einem bauchigen Glase mit etwa fingerweiter Oeffnung und kurzem Halse von 6 bis 12 Unzen Inhalt flüssiges Collodium umschüttet, bis es die Wände überall befeuchtet hat, und das überflüssige wieder ausgießt. Nach dem Trocknen löst man die dünne Haut vorsichtig vom Halse des Glases, bindet sie um eine dünne Glasröhre und saugt langsam die Luft aus, wodurch sich dann

nach und nach die ganze Haut vom Glaſe löst und aus demſelben gezogen werden kann. Das Waſſerſtoffgas muß jedoch trocken in dieſelben gebracht werden. Das Trocknen geſchieht ſo, daß man eine Glasröhre von etwa 1 Fuß Länge und $^1/_2$ Zoll Weite mit Bimsſteinſtückchen füllt, welche vorher in Schwefelſäure getaucht wurden. Die Röhre wird beiderſeits verkorkt und mit kleineren Glasröhren verſehen, Fig. 84; an die eine derſelben ſteckt man den

Fig. 84.

$^1/_5$

Ballon, die andere wird mit dem Gasentwickelungsrohr durch ein Kautſchukrohr verbunden. Wenn der Ballon gefüllt iſt, ſtreift man ihn ab und läßt ihn ſteigen. Lange dauert dieſes nicht, ſelbſt wenn man ihn vorher zubindet, da das Gas leicht entweicht. Zündet man den Ballon an, während er in der Luft ſchwebt, ſo verbrennt er ſammt dem Inhalt.

Vierter Abschnitt.

Vom Schalle.

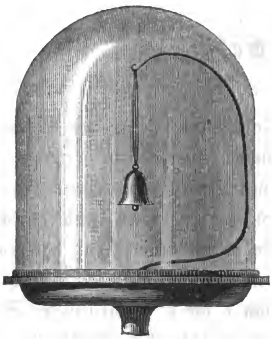
§. 77. **Entstehung des Schalles.** Daß der Schall in vielen Fällen durch die Schwingungen fester Körper erzeugt wird, zeigt man dadurch, daß man an einen Tisch einen kleinen Schraubstock befestigt und in diesen einen hartgezogenen und geradegerichteten Draht mit dem einen Ende einspannt, so daß das andere Ende senkrecht nach oben steht. In ein gewöhnliches kleines Schraubstöckchen nimmt man nun Draht von 1 bis $1^1/_2$ Millimeter Stärke und so lang, daß derselbe, wenn man das obere Ende etwas zur Seite biegt und dann frei läßt, nur langsam schwingt, d. h. etwa 3 bis 4 Schwingungen in der Secunde macht. Man verkürzt nun das obere freie Ende des Drahtes immer mehr, wobei die Schwingungen desselben sichtlich schneller werden; bei einer gewissen Geschwindigkeit entsteht ein Ton, der mit der weiteren Verkürzung des Drahtes immer höher wird. Besser gelingt der Versuch in einem größeren Schraubstocke mit dickerem Drahte. Man kann also hier zugleich die Abhängigkeit der Tonhöhe von der Schnelligkeit der Schwingungen zeigen.

Daß auch andere Körper, wenn sie tönen, ähnliche Schwingungen machen, zeigt man an einem etwas weiten Trinkglase,

welches zur Hälfte mit Wasser gefüllt ist und am Rande mittelst eines senkrecht gegen den Rand geführten Geigenbogens angestrichen wird. Das Wasser kommt dabei in lebhafte Wellenbewegung. Die Luft pflanzt hier den Schall — die Schwingungen — zu unserm Ohre fort, allein dieselbe kann auch noch auf andere Art zum Schwingen gebracht werden, wie beim Pfeifen mit dem Munde oder mittelst einer Pfeife, beim Schießen u. s. w.

§. 78. Daß die Luft es ist, welche den Ton der schwingenden Körper zu unserm Ohr fortpflanzt, kann man mittelst der Luftpumpe zeigen, wenn dieselbe einen abgesonderten Teller, wie Fig. 66, hat. Man steckt dann in die Oeffnung des Luftcanals einen gebogenen Draht, wie in Fig. 85, dessen Ende unten dreikantig gefeilt wird, damit er den Canal nicht verstopft, und hängt mittelst einzelner ungedrehter Hanffäden ein kleines Glöcklein daran. Nach dem Auspumpen erschüttert man den Apparat, um das Glöcklein zum Tönen zu bringen und man wird auch bei unvollkommenem Auspumpen doch eine wesentliche Verminderung des Schalles bemerken können.

Fig. 85.



§. 79. **Longitudinalschwingungen.** Am einfachsten bringt man die Längenschwingungen mit einer etwa 1 Centimeter weiten und 1 Meter langen Glasröhre hervor, indem man dieselbe in der Mitte mit zwei Fingern senkrecht hält und dann die eine Hälfte mit einem nassen wollenen Lappen der Länge nach gelinde reibt. So lange die Glasröhre tönt, zeigt sich ihre nasse Oberfläche gekräuselt. Am reinsten tönt die Glasröhre nach, wenn

man mit dem Lappen rasch über sie hinaus fährt. Bringt man einen leicht beweglichen Korkpfropf in das eine Ende der Röhre, so bewegt er sich während des Tönens und rückt näher gegen die Mitte. Nimmt man hölzerne Stäbe oder metallene, so muß man den wollenen Lappen mit Colophonium bestreuen.

§. 80. Das Mittönen anderer Körper zeigt man am besten durch eine Stimmgabel, die ja doch meist bei der Hand sein wird, indem man dieselbe abwechselnd in der Luft schwingen läßt oder sie mit ihrem Stiele auf den Tisch setzt.

Manche andere Erläuterungen, wie z. B. daß dünnere und kürzere Saiten bei gleicher Spannung einen höhern Ton geben, werden sich an der Schulgeige erläutern lassen, und für anderes wird man die Schüler an ihre eigene Erfahrung erinnern, wie z. B. daran, daß man den Schlag eines entfernten Holzhackers später hört, als man das Beil fallen sieht u. d. gl.

Fünfter Abſchnitt.

Vom Lichte.

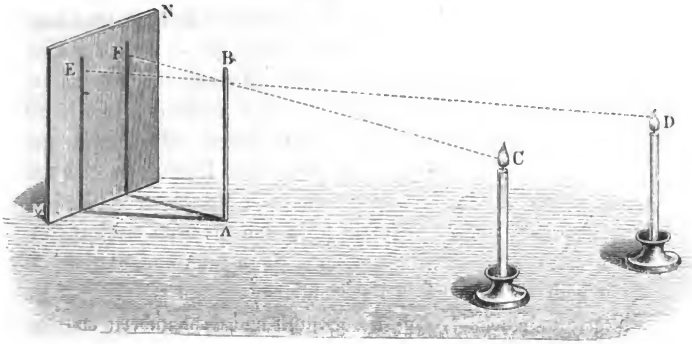
§. 81. Die Durchſichtigkeit der Körper in dünnen Lamellen wird am einfachſten am Golde erläutert. Man läßt hierfür ein etwa 1 bis 2 Quadratzoll großes Stück Spiegelglas vom Buchbinder mit dem dünnſten Golde belegen und deckt das Gold durch ein zweites gleich großes Spiegelglas. Beide Gläſer werden mittelſt eines Streifchens Papier zuſammengeleimt.

§. 82. Um zu zeigen, daß die Lichtſtärke mit dem Quadrate der Entfernung abnehme, kann man in ein Klötzchen, Fig. 86, vier Löcher, in ein anderes ein ſolches Loch bohren und darein etwa Stearinkerzen aus dem gleichen Packete ſtecken. Man macht ſich dazu dann ein Rumford'ſches Photometer, indem man vor einer weißen Wand MM, Fig. 87, in einer Entfernung von 5 bis 10 Zoll ein Stäbchen (Bleiſtift) AB aufſteckt; man ſtellt nun das Klötzchen mit einer Kerze in eine Entfernung von 5 Fuß und die Mitte jenes mit den vier Kerzen in eine ſolche von 10 Fuß, ſo aber, daß die vier Kerzen mit dem Stäbchen AB in einer Ebene ſtehen. Die Schatten beider Lichter werden dann auf

Fig. 86.

der weißen Wand gleich stark sein. Mit derselben Vorrichtung kann man nun auch die Stärke zweier Lichter vergleichen, indem

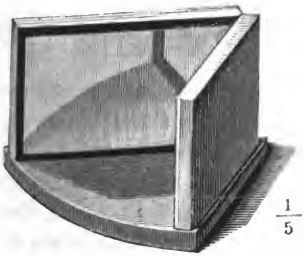
Fig. 87.



man das eine so lange verrückt, bis die Schatten gleich stark sind. Die Beurtheilung des letztern Umstandes wird erschwert, wenn beide Lichter ungleiche Farbe haben, weil dann auch die Schatten ungleich gefärbt sind.

§. 83. Für die Erläuterung der Wirkung ebener Spiegel bedarf man nur eines gewöhnlichen Spiegels und eines zweiten

Fig. 88.



$\frac{1}{5}$

Glases, dessen Rückseite man nach Entfernung des Amalgams mit Tusche schwarz anstreicht. Ebenso kann man sich von jedem Schreiner oder Glaser nach Fig. 88 einen Winkelspiegel von 60° machen lassen, oder selbst machen, wenn man die Wirkung eines solchen erklären will. Beim Selbstmachen läßt man sich vom Glaser zwei gleichgroße Stücke eines gewöhnlichen belegten Spiegels schneiden

und befestigt sie mittelst Streifen von schwarzem Papier auf die Seiten des aus Pappe gefertigten Gestells.

§. 84. Für die Lehre von den Hohlspiegeln wird man wohl einen solchen — einen sogenannten Rasirspiegel — kaufen müssen. Die Versuche kann man mit jeder Kerzenflamme machen und das verkehrte Luftbild auf einem Blatte Papier auffangen oder es als Luftbild direct betrachten lassen. Das Letztere geht indessen nur in denjenigen Stellungen gut, wo das Bild kleiner oder doch nur wenig größer ist als der Gegenstand. Je kleiner der Spiegel ist, desto schwerer ist das Luftbild zu sehen und für desto weniger Personen wird es gleichzeitig sichtbar. Man kann das Luftbild der Reihe nach verschiedenen Personen sichtbar machen, wenn man den Spiegel so handhabt, daß ein Gesicht nach dem andern von dem reflectirten Lichte erleuchtet wird. Gut ist es, wenn man einen Spiegel von 4 bis 5 Zoll Breite und nur etwa 1 Fuß Brennweite dazu verwenden kann. Im Nothfalle thut jedes Uhrglas (von alter Form) den Dienst, wenn man es auf der convexen Seite mit schwarzem Siegellack überzieht. Letzteres geschieht, indem man das Glas soweit erwärmt, bis das Siegellack von selbst darauf fließt; ist einmal ein dünner Ueberzug so gemacht, so kann man diesen auch durch Aufstreichen von erwärmtem Siegellack verstärken. Von Standuhren kann man manchmal sehr große Gläser erhalten, die gute Dienste thun, aber sehr vorsichtig erhitzt werden müssen.

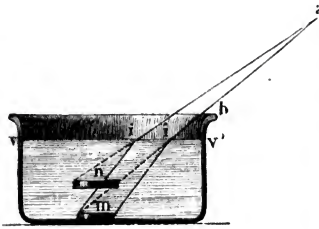
Daß man zu solchen Versuchen das Zimmer verdunkeln müsse, ist selbstverständlich.

In dem Falle, wo das Bild zwischen dem leuchtenden Gegenstande und dem Spiegel entsteht, muß man das Papier zum Auffangen des Bildes sehr klein nehmen und es an einem Drahte befestigen, damit man dem Spiegel möglichst wenig Licht entziehe. Man kann sich indessen auch dadurch helfen, daß man dem Spiegel eine etwas geneigte Lage giebt, wodurch das Bild so viel seitwärts fällt, daß das auffangende Papier dem Spiegel kein Licht entzieht.

§. 85. Für die Erklärung des Convexspiegels kauft man entweder einen solchen, der mit Quecksilber belegt ist, oder man macht sich einen solchen aus einem auf der concaven Seite geschwärzten Uhrglase.

§. 86. Um die Brechung des Lichtes zu zeigen, kann man jedes Gefäß mit undurchsichtigen Wänden *v v'*, Fig. 89, verwenden; man legt auf seinen Boden eine Münze *m* so, daß sie dem Auge *a* eines Beobachters durch den Rand *b* gerade noch verdeckt wird. Gießt man nun Wasser ein, so wird die Münze sichtbar, sie scheint sich sammt dem Boden nach *n* gehoben zu haben, das Gefäß scheint weniger tief als es in der That ist.

Fig. 89.

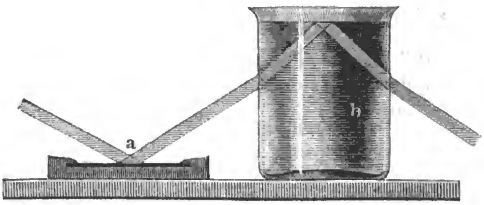


Auch auf folgende Weise kann man im Dunklen die Brechungserscheinung sehr gut zeigen. Man rührt Kreidepulver in einen etwas weiten Glascylinder ein und läßt das Wasser 24 Stunden ruhig stehen. Leitet man nun einen Sonnenstrahl auf die Oberfläche des Wassers, so sieht man seinen Weg in der Luft an den erleuchteten Staubtheilen und seinen Weg im Wasser an den erleuchteten Kreidetheilchen. Anstatt des Kreidepulvers kann man auch ein paar Tropfen Tinct. Myrrhae in das Wasser rühren.

§. 87. **Totale Reflexion.** Dasselbe Kreidewasser kann nun auch verwendet werden, um die totale Reflexion zu zeigen. Man läßt nämlich den Sonnenstrahl zuerst auf den ebenen Spiegel *a*, Fig. 90 (a. f. S.), fallen, so daß das reflectirte Licht zu der Oberfläche des Wassers im Gefäße die für totale Reflexion erforderliche Richtung hat. Man sieht hier den Weg der Lichtstrahlen im Wasser ebenfalls durch die erleuchteten Kreidetheilchen, und man bemerkt zugleich kein aus dem Wasser tretendes Licht an den Staub-

theilchen oder der gegenüberstehenden Wand, was eintritt, wenn das Licht unter einem dazu geeigneten Winkel die Oberfläche des

Fig. 90.



Wassers trifft. Dieser Versuch kann wohl auch mit einem etwa 4 Zoll weiten runden Gefäße angestellt werden, aber es ist doch rathsam, wenn möglich, ein doppelt so weites dazu zu nehmen, oder ein solches, welches aus Spiegelscheiben zusammengekittet ist.

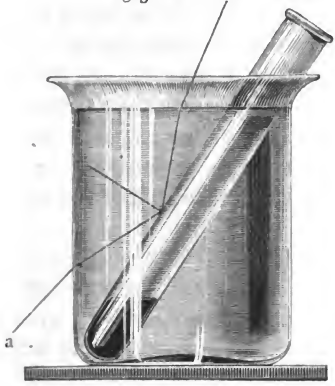
Unter den Erscheinungen der totalen Reflexion sind noch folgende geeignet dieselbe näher zu erläutern.

1) Wenn man ein Glas mit Wasser füllt, so kann man keinen außen am Glase befindlichen Gegenstand sehen, wenn man von oben auf das Wasser sieht, außer in sehr schiefer Richtung und bei ziemlicher Weite des Glases. Namentlich sieht man die Finger der Hand, welche das Glas hält, nicht, es sei denn das Glas wäre außerhalb naß.

2) Wenn man ein Trinkglas etwa zu $^2/_3$ mit aus weißem Zucker bereitetem Syrup füllt — der Syrup darf noch ziemlich dünnflüssig sein —, so kann man vorsichtig eine Wasserschicht darauf gießen, beinahe ohne daß sich die beiden Flüssigkeiten mit einander mischen. Dieses Aufgießen geschieht am einfachsten durch einen kleinen Löffel, den man bis an den Syrup bringt, ehe man das Wasser ausgießt. Klebt man nun auf das Glas unterhalb und nahe an die Grenzfläche beider Flüssigkeiten ein paar auf weißes Papier gezeichnete Buchstaben, so sieht man dieselben, wenn man von unten auf die Grenzfläche sieht, durch totale Reflexion und direct, also doppelt.

3) Wenn man eine dünne Glasröhre von etwa einem halben Zoll Durchmesser einerseits zuschmilzt und, wie in Fig. 91, schief in ein mit Wasser gefülltes Glasgefäß hält, so erscheint sie dem von oben auf das Wasser sehenden Auge wie mit Quecksilber gefüllt; dieser Metallglanz verschwindet aber, so weit als man die Röhre mit Wasser füllt.

Fig. 91.

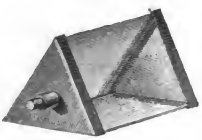


Man ersieht zugleich hierbei, daß bei der Totalreflexion viel mehr Licht zurückgeworfen wird als vom Metallspiegel; denn wenn man die Röhre wirklich zum Theil mit Quecksilber füllt, so erscheint dieser Theil ganz grau gegen den mit Luft gefüllten.

§. 88. Zu weiterer Erklärung der Brechung des Lichtes bedarf man eines Prisma. Gewöhnliche Prismen aus Glas sind meist billig zu erhalten; man muß indessen beim Kaufe darauf sehen, daß es innerlich keine Schlieren, keine Streifen von anderer brechender Kraft hat, was man leicht erkennt, wenn man das Glas in der Entfernung des deutlichen Sehens betrachtet.

Noch billiger kommt man weg, wenn man sich aus einem alten Spiegel drei gleiche Stücke von etwa 2 Zoll Breite und 3 bis 4 Zoll Länge schneiden läßt, von welchen man das Amalgam abschabt und sie dann in Blechhülsen, Fig. 92, kittet, deren eine einen Ansatz hat, welcher durch einen Pfropf verschlossen werden kann. Das Einkitten kann mit Siegellack geschehen, womit auch die Ränder

Fig. 92.



der Platten aneinander gekittet werden. Beim Gebrauche wird das Prisma mit Wasser gefüllt. Wenn man die Ränder der Platten auf einem gewöhnlichen Sandstein an den langen Seiten so abschleift, daß sie, wie in Fig. 93, an einander passen, und Messingblech verwendet, kann man ohne viel größere Kosten einen ganz saubern Apparat erhalten. Man kann sogar die dritte Glasplatte weglassen und das Gefäß durch die offene Seite füllen, nur ist man dann an die horizontale Stellung des Apparates gebunden.

Fig. 93.

§. 89. Bei den Versuchen macht man das Zimmer dunkel und läßt einen durch irgend eine zufällige oder absichtlich gemachte Oeffnung des Ladens eindringenden Sonnenstrahl auf das Prisma fallen. Am schönsten erhält man das Spectrum, wenn das Licht durch eine schmale Spalte mit parallelen Rändern eindringt, mit welcher Spalte dann die brechende Kante des Prisma parallel gestellt wird. Das Spectrum muß auf einer ebenen weißen Wand aufgefangen werden. Hat das Zimmer keine hierfür geeignete Wand, so kann man einen großen Bogen Papier mit Leisten versehen, wie es bei Landkarten üblich ist, und ihn an der Wand aufhängen, nur muß die untere ganz rund und etwas schwer sein, theils damit beim Aufwickeln keine Brüche im Papier entstehen, theils damit das Papier glatt gehalten wird. Man kann auch aus vier Lattenstücken einen Rahmen zusammennageln, indem man sie an den Ecken zur Hälfte aufeinander abplattet, und diesen Rahmen mit weißem Papier überziehen.

Um die Lehre von den Farben der Körper zu erläutern, zieht man Streifen von etwa einen Zoll breitem farbigen Papiere auf anderes auf, um ihnen eine gewisse Steifigkeit zu geben, und hält sie successive in die verschiedenen Farben des Spectrums. Man muß sehr intensive Farben aussuchen; indessen giebt es schon solches Papier, welches in allen anderen als in seiner eigenen Farbe

schwarz erscheint, namentlich rothes und blaues Titelpapier der Buchbinder.

§. 90. **Linsengläser.** Der Ankauf einer Reihe der verschiedenen Linsengläser würde für die hier berücksichtigten Verhältnisse zu theuer kommen und man wird sich vorläufig mit einem concaven und convexen Brillenglase begnügen müssen. Letztere sind freilich wegen ihrer gewöhnlich großen Brennweite bei geringer Breite für die Fundamentalversuche wenig zu empfehlen; allein es wird bei einiger Umsicht bald gelingen, ein Convexglas von 2 bis 3 Zoll Breite und 1 bis $1^1/_2$ Fuß Brennweite aus irgend einem alten Apparate zu erwerben, sollte dasselbe auch etwas beschädigt sein.

Fig. 95.

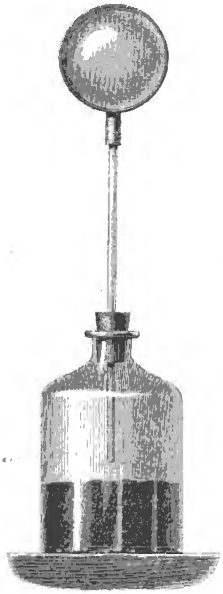


Fig. 94.

Man faßt dasselbe in einen Ring von Pappe, in welchen hinein zwei andere innen geschwärzte Ringe geleimt werden, zwischen welchen der Rand des Glases gehalten wird, Fig. 94. An den äußern Ring leimt man einen Korkpfropf, in welchen eine starke Glasröhre gesteckt wird, die durch den Pfropf einer zur Hälfte mit Sand gefüllten Glasflasche geht und dadurch verschieden hoch gestellt werden kann, Fig. 95. Die Versuche über den verschiedenen Erfolg, je nach der Stellung von Glas und Gegenstand, werden in einem verdunkelten Zimmer mittelst Kerzenlichtes gemacht, ganz ähnlich wie beim Hohlspiegel. Man hat übrigens hier das Glas immer zwischen Bild und Gegenstand

und kann ein beliebiges Papier zum Auffangen des Bildes verwenden.

Wenn man auch keinen Helioſtat hat, um die Sonnenſtrahlen horizontal in das Zimmer zu leiten, ſo kann man doch ein Converglas in einen ſchief durch eine obere Oeffnung des Ladens einfallenden Sonnenſtrahl halten, um an dem beleuchteten Staube den Weg der Lichtſtrahlen zu zeigen und auf das Durchſchneiden derſelben aufmerkſam machen.

Ebenſo kann man die Zerſtreuung durch ein Concavglas zeigen.

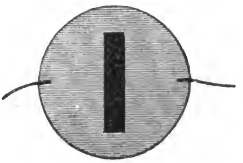
§. 91. **Das Auge.** Um den Bau des Auges im Allgemeinen zu erläutern, genügt es, die Kryſtalllinſe und ihre Wirkung zu zeigen. Man nimmt hierzu ein Auge von einem eben getödteten größern Thiere, ſticht mit einem ſpitzigen Meſſer die Hornhaut an und ſchneidet dieſelbe mit einer ſpitzigen Scheere vollends weg. Nachher ſchneidet man auch die Iris weg und ritzt mit der Meſſerſpitze die Linſenkapſel; die Linſe wird dann mit einem ſpitzigen Meſſer angeſpießt und, nachdem man die Linſenkapſel noch weiter geöffnet hat, herausgehoben. Man kann nun leicht zeigen, daß ſie wie ein Converglas wirkt.

§. 92. **Die Dauer des Lichteindrucks** im Auge kann man an einem im Kreiſe geſchwungenen glimmenden Span zeigen und daraus das Thaumatrop erklären. Letzteres kann man ſich auf folgende Weiſe herſtellen.

An eine Scheibe von Holz oder Pappe von circa zwei Zoll Durchmeſſer befeſtigt man diametral gegenüberſtehend entweder zwei

Fig. 96.

Fig. 97.



Bündelchen von je 4 bis 6 leinenen oder seidenen Fäden, oder zwei Messingstifte. Die Scheibe wird beiderseits mit weißem Papier bezogen, und nun die Theile einer Figur vereinzelt so auf beide Seiten gezeichnet, daß sie sich einander zur ganzen Figur ergänzen würden, wenn die Scheibe durchsichtig wäre. So geben die beiden Figuren 96 und 97 zusammen ein Kreuz; ebenso kann man die Buchstaben eines Wortes vertheilen. Man muß indeß einfache und kleine Figuren dazu wählen, die nicht bis an den Rand der Scheibe reichen. Dreht man die Scheiben an den Fäden oder Stiften rasch zwischen den Fingern, so ergänzen sich die einzelnen Theile der Figur und man sieht einen Vogel im Käfig, wenn auf die eine Seite der Käfig, auf die andere der Vogel gezeichnet wurde.

Etwas umständlicher ist freilich die Erklärung der stroboskopischen Scheiben, die man sich in einem Spielzeugladen kauft, wenn man überhaupt sich darauf einlassen kann.

§. 93. **Das Stereoskop.** Dieser Apparat ist nun schon so allgemein verbreitet, daß man seine Erklärung, wenigstens in städtischen Volksschulen, nicht wird umgehen können. Man nimmt hierzu am besten eine abgekürzte vierseitige Pyramide von Holz, Fig. 98, und läßt die Schüler dieselbe auf kurze Entfernung betrachten, indem man sie zuerst abwechselnd das eine und das andere Auge zuhalten, dann aber beide Augen öffnen läßt, um sie auf die Wirkung des Sehens mit beiden Augen aufmerksam zu machen.

Fig. 99.

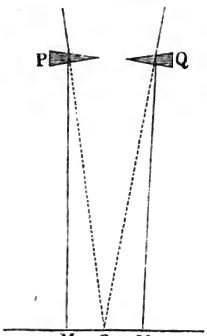
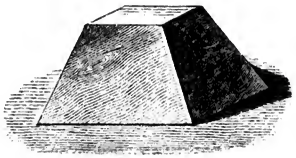


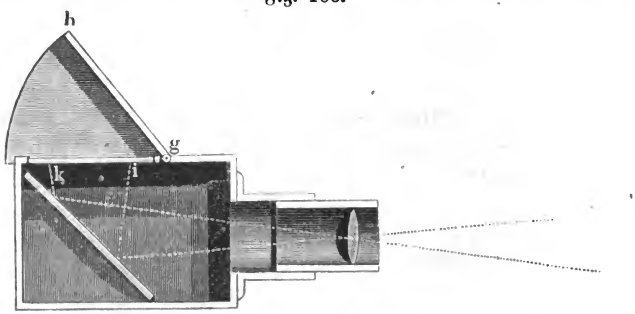
Fig. 98.



Wenn man die Schüler darauf aufmerkſam macht, wie die Gegenſtände, wenn man ſie durch ein Prisma betrachtet, an einer anderen Stelle zu ſein ſcheinen als ſie wirklich ſind, ſo wird es wohl nicht ſchwer werden, mittelſt einer großen Zeichnung wie Fig. 99 (a. v. S.) die Wirkung des Prismenſtereoſkops zu erklären. M und N ſind die Stellen der beiden für jedes Auge beſonders gezeichneten Bilder, O der Ort, wo das Licht nach der Brechung herzukommen ſcheint. Die Prismen P, Q müſſen dieſelbe Entfernung haben wie im Mittel die beiden Augen des Menſchen.

§. 94. Eine Camera obscura gewöhnlicher Art, wie ſie Fig. 100 zeigt, kann man ſich übrigens leicht ſelbſt machen, indem

Fig. 100.

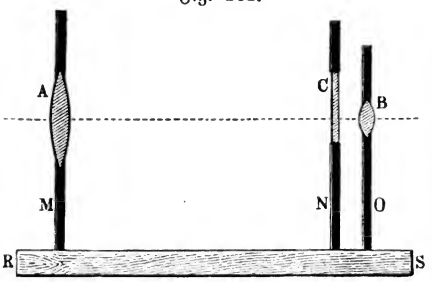


man vorn an dem hölzernen Käſtchen, deſſen Länge ſich nach der Brennweite des Glaſes richtet, eine kurze Röhre aus Pappe anbringt, in welcher ſich eine zweite Pappröhre verſchieben läßt, die das Convexglas enthält. Der Spiegel macht mit der Axe des Käſtchens einen Winkel von 45^0 und es wird ein guter Glasſpiegel dazu ausgeſucht. Das matte Glas wird von einem Spiegel genommen und mit einem zweiten Stücke Spiegelglas und feinem Smirgel oder auch nur mittelſt eines feinen Sandſteines matt gerieben. Für den Fall, daß man dieſe Einrichtung zum Nachzeichnen verwenden will, iſt es gut, den Deckel gh noch mit ſeitlichen

Anhängen zu versehen, das matte Glas mit einer Spiegelscheibe zu vertauschen, auf diese mittelst etwas Wachs Strohpapier zu befestigen und auf dieses zu zeichnen.

§. 95. Bei den zusammengesetzten optischen Instrumenten wird man sich höchstens auf die Erklärung eines astronomischen Fernrohres einlassen können. Ein Modell dazu ist nicht schwer herzustellen. Man befestigt zu dem Ende auf ein 1 bis 2 Zoll breites Brettchen *RS*, Fig. 101, von entsprechender Länge drei andere *MNO* senkrecht; statt der letzteren kann man auch starke Pappe nehmen; diese drei Stücke werden mit schwarzem Papier überzogen oder noch besser schwarz angestrichen (Tusche, Tinte). Sie müssen Oeffnungen haben, so daß man in das eine, *M*, eine schwache Convexlinse *A* (ein noch reines Glas aus einer Convexbrille), in das andere, *O*, ein Convexglas von $^1/_2$ bis 1 Zoll Brennweite befestigen kann. Diese beiden Stücke *M*, *O* müssen um die Summe der Brennweiten der beiden Linsen von einander abstehen. (Man findet die Brennweite eines Linsenglases für diesen Zweck genau genug, wenn man die Entfernung mißt, in welcher man eine Linse von der Wand im Hintergrunde eines Zimmers halten muß, wenn auf der Wand ein deutliches Bild der gegenüberliegenden Fenster oder der vor diesen befindlichen Gegenstände entstehen soll.) Das Stück *N* kommt dahin, wo die beiden Brennpunkte der Linsen *A* und *B* zusammenfallen und seine ziemlich kleine Oeffnung wird mit einem Stückchen recht reinen Pauspapiers bezogen. Richtet man das

Fig. 101.



Instrument auf einen entfernten Gegenstand, so sieht man dessen vom Objectiv herrührendes verkehrtes Bild auf dem Pauspapier und kann dasselbe durch das Ocular vergrößert betrachten. Das Bild wird deutlicher, wenn man das Pauspapier entfernen kann. Aehnliche Apparate könnte man wohl auch für andere optische Instrumente machen, allein man wird sich nicht leicht auf deren Erklärung einlassen können.

Sechster Abschnitt.

Magnetismus.

§. 96. Für die hier erforderlichen Versuche bedarf man zweier Magnetstäbe und einer Magnetnadel. Die ersteren wird man sich mit Hülfe eines Schlossers ziemlich billig verschaffen können; man verfährt bei ihrer Herstellung auf folgende Weise. Im Eisenladen kauft man zwei gleiche Stücke Gußstahl von 3 bis 4 Linien Breite, 1 bis $1\frac{1}{2}$ Linien Dicke und 6 bis 8 Zoll Länge; ihre Enden werden eben gefeilt und ein Ende eines jeden durch einen Feilstrich gezeichnet. Beim Härten muß man dafür sorgen, daß sie recht gleichmäßig kirschroth werden und dazu ein breites Kohlenfeuer anwenden, das man mittelst eines Fächers in gehöriges Brennen bringt; wenn der Stab gehörig glüht, so faßt man ihn in der Mitte mit einer glühenden Zange schief an, so daß man ihn rasch senkrecht in kaltes Wasser tauchen kann. Der Glühspan fällt dabei ab und der Stab muß so hart werden, daß keine Feile mehr angreift. Man schleift denselben nun hell und läßt ihn auf einem Eisenblech über Kohlenfeuer schwach hafergelb anlaufen. Zum Magnetisiren muß man eben nun die übrigens leicht aufzufindende Gelegenheit suchen, einen Magneten zu leihen, um damit die beiden Stäbe zu magnetisiren.

Man wendet dabei gewöhnlich die Methode des einfachen Striches an. Die allereinfachste Art, diesen auszuführen, besteht darin, daß man die zum Nordpol bestimmte Hälfte eines Stückes Stahl auf jeder Seite etwa 10 Mal mit dem Südpole eines Magneten streicht, wobei man jedes Mal bei der Mitte ansetzt, mit mäßiger Geschwindigkeit über das Ende hinausfährt und in einem Bogen durch die Luft nach der Mitte zurückkehrt. Ebenso wird mit der zum Südpole bestimmten Hälfte verfahren, indem man den Nordpol des Streichmagneten anwendet. 10 bis höchstens 20 Striche sind ausreichend, um dem neuen Magneten alle Kraft zu geben, welche durch den Streichmagneten und dieses Verfahren erreicht werden kann. Wenn man dabei den neuen Magneten in seiner Mitte mittelst eines schmalen Stückes Eisen auf dem Tische festhält, so soll dieses wesentlich dazu beitragen, den Indifferenzpunkt sicher in die Mitte des neuen Magneten zu bringen. Man sorgt dabei dafür, daß das bezeichnete Ende der Stäbe Nordpol wird.

Eine Magnetnadel wird man am besten kaufen; eine ganz gewöhnliche, wie man sie überall in dem einfachsten Compas findet, reicht für die Zwecke des Unterrichts aus. Es ist aber zweckmäßig, eine solche Magnetnadel aus ihrem Gehäuse herauszunehmen und auf ein eigenes Stativchen zu setzen, dessen Spitze aus einer feinen Nähnadel besteht. Man erhält übrigens sehr brauchbare Stative, wenn man von einem dicken Korkstöpsel eine Scheibe abschneidet, ein passen-

Fig. 102.

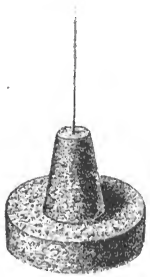
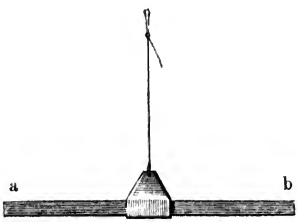


Fig. 103.



des Loch durch dieselbe macht und einen konischen Kork, wie in Fig. 102, hindurchsteckt; in letzteren steckt man dann die Nähnadel.

Man kann übrigens jeden der beiden Stäbe als Magnetnadel verwenden, wenn man denselben, wie in Fig. 103, in einem Schiffchen aus Kartenpapier an ein paar aufgedrehten dünnen Seidenfäden aufhängt.

§. 97. Die Magnetstäbe werden aufbewahrt, indem man zwischen sie ein Stückchen Holz legt und sie dann mit diesem zusammenbindet. Zum Binden nimmt man am besten weichen dünnen Messingdraht — Bindedraht — da sich unter Schnüren gern Rost ansetzt. Die Pole werden in entgegengesetzte Lage gebracht und durch zwei Stückchen gut ausgeglühten und wieder hellgefeilten Eisens verbunden, Fig. 104.

Fig. 104.

Zu den Versuchen selbst hat man noch ein paar kleine Stücke weichen Eisens nöthig und eine Partie reiner Eisenfeilspäne.

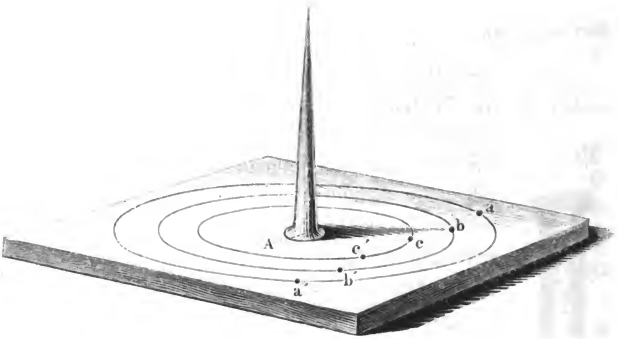
Magnete müssen vor Erschütterungen, Stößen, Schlägen, vor Erwärmung und vor Rost geschützt werden. Um das letztere zu erreichen, wischt man sie nach jedesmaligem Gebrauche mit einem fetten Leinwandlappen ab.

Die anzustellenden Versuche über Anziehung und Abstoßung sowie über Vertheilung sind so einfach und in jedem Lehrbuche so bestimmt angegeben, daß sie keiner weiteren Beschreibung bedürfen.

§. 98. Abweichung der Magnetnadel kann man eben nur zeigen, wenn man vorher eine Mittagslinie gefunden hat. Obwohl die Bestimmung einer Mittagslinie außerhalb der Zwecke dieser Anleitung liegt, so dürfte doch manchem Lehrer angenehm sein, wenn hier die einfachste, wenn auch weniger genaue Methode, die Mittagslinie zu finden, angegeben wird. Man wählt hierzu einen hellen Tag um die Zeit des längsten oder kürzesten Tages, stellt ein Brett

von der Größe eines Reißbrettes, nachdem man daſſelbe mit weißem Papier überſpannt hat, horizontal, Fig. 105, und zieht auf demſelben eine Anzahl concentriſcher Kreiſe. Der innerſte Kreis muß

Fig. 105.



der Baſis eines ſchlanken ſpitzigen Kegels von Holz entſprechen, um die Spitze dieſes Kegels, der etwa 4 bis 6 Zoll hoch genommen wird, genau über den Mittelpunkt A der Kreiſe bringen zu können. Sobald nun Vormittags der Schatten des Kegels mit ſeiner Spitze einen Kreis berührt — in a —, macht man daſelbſt einen Punkt und fährt ſo von Kreis zu Kreis fort — b, c —, wie der Schatten allmälig kürzer wird. Nachmittags verlängert ſich der Schatten wieder und die Punkte c', b', a', wo er die Kreiſe wieder erreicht, werden ebenfalls gezeichnet. Nachher werden die Winkel aAa', bAb' u. ſ. w. halbirt und das Mittel aus dieſen Halbirungslinien giebt die Mittagslinie. Dieſe Linie muß nun in das Schulzimmer verlängert werden, zu welchem Ende man das Brett im Freien ſo vor einem Fenſter aufgeſtellt hat, daß die Mittagslinie, deren Richtung man ungefähr kennt, durch das Fenſter geht. Auf die Enden der Mittagslinie auf dem Brette befeſtigt man nun ſenkrechte Drähte — Stricknadeln — und läßt im Zimmer ein Bleiloth ſo halten,

daß dessen Faden durch die Nadeln gedeckt wird, wenn man das Auge so vor die eine bringt, daß sich beide Nadeln ebenfalls decken. Die Stelle auf dem Boden, wo das Loth auffteht, wird durch einen Stift bezeichnet; solcher Stifte werden nun nach und nach mehrere eingeschlagen, wodurch die Mittagslinie auf den Boden des Zimmers übertragen wird. Die Uebertragung geht leichter, wenn man an die Mittagslinie des Brettes das Diopterlineal eines Meßtisches anlegt, wenn man ein solches zu leihen bekommen kann.

Die Abweichung der Magnetnadel läßt sich nun leicht zeigen, wenn man einen der Magnetstäbe, wie in Fig. 103, in einem Schiffchen von Papier so aufhängt, daß seine Mitte sich auf der Mittagslinie befindet. Legt man in die Mittagslinie einen getheilten Kreis so, daß sie durch 0^0 und 180^0 geht und hält die Nadel über die Mitte des Kreises, so kann man selbst eine wenn auch nicht genaue Messung der Abweichung machen.

Die Neigung der Magnetnadel läßt sich ohne so viele Umstände zeigen. Man steckt hierfür durch einen etwa 3 bis 4 Linien dicken Kork eine stählerne noch nicht magnetische Stricknadel und rechtwinklig dazu ein Stück einer zweiten, wie in Fig. 106; mittelst der letzteren wird sodann das Ganze in einer aus Messingdraht gebogenen Gabel an einem ungedrehten Faden frei beweglich aufgehängt und die lange Nadel hin- und hergerückt bis dieselbe im Gleichgewicht ist. Jetzt wird dieselbe magnetisirt, worauf sie sich in den magnetischen Meridian stellt und mit dem Nordpol gegen den Horizont neigt.

Fig. 106.

Eine solche Nadel ist nicht wohl zum zweiten Mal zu gebrauchen, da es schwer hält, ihren Magnetismus durch Gegenstriche gerade vollständig aufzuheben.

Man kann sie aber zerbrechen und zwar in ziemlich kleine Stücke, und zeigen, daß jedes Stück zwei Pole hat.

Wenn man statt der langen Nadel nur ein magnetisirtes Stück einer solchen in einem Korke ins Gleichgewicht bringt, kann der Apparat auch dienen um die Stellung zu zeigen, welche ein kleiner beweglicher Magnet gegen einen größern unbeweglichen annimmt, um dadurch die Stellung einer Magnetnadel gegen die Pole des Erdmagnetismus zu erläutern.

Siebenter Abschnitt.

Elektricität.

A. Reibungselektricität.

§. 99. **Hollundermark.** Man erhält dasselbe nur im Winter aus den einjährigen Trieben des Hollunders, indem man das Holz mit einem guten Messer streifenweise herunterspaltet. Man kann das Mark auch durch Herausdrücken erhalten, allein es bekommt seine lockere Structur nicht mehr ganz, wenn man es auch sogleich wieder streckt. Die Kugeln werden mit einem scharfen Messer geschnitten und zuletzt zwischen beiden Händen gerollt. Noch leichter ist das Mark von Helianthus; es wird auf die gleiche Weise behandelt. Beim Ausschälen des Sonnenblumenmarkes muß man den Stengel in kurze nur etwa einen halben Zoll lange Stücke zerschneiden und beim Abspalten des Holzes sehr vorsichtig verfahren, weil das Mark viel fester am Holze haftet als beim Hollunder und man nur bei großer Vorsicht taugliche Stücke des Markes erhält.

§. 100. **Seidenfäden und seidene Schnüre.** Nicht alle Seidensorten sind gleich gut, namentlich, wenn sie mit metallischen Farben — wie Berlinerblau — gefärbt sind. Man kann sich leicht davon überzeugen, ob die Seide isolirt, wenn man über einem Drahte an demselben Seidenfaden von etwa 8 bis 10 Zoll

Länge zwei Hollundermarkkugeln aufhängt, und beiden dieſelbe Elektricität mittheilt. Sie dürfen im geheizten Zimmer im Winter nur ſehr langſam wieder zuſammenſinken. Insbeſondere muß man bei ſeidenen Schnüren darauf ſehen, daß ſie keinen baumwollenen Kern haben, was beinahe immer der Fall iſt. Sicherer geht man bei den ſogenannten Neſtelſchnüren, welche immer ganz von Seide ſind, und bei ſeidenen Bändern.

§. 101. **Glas.** Das Glas iſt in ſeiner Qualität für elektriſche Zwecke ſehr ungleich und leitet ſehr oft die Elektricität. Gemeines grünes Glas — nicht aus weißer Glasmaſſe durch Kupfer oder Chrom grün gefärbtes — leiſtet in der Regel die beſten Dienſte. Doch giebt es auch weißes Glas, welches gut iſt, wozu namentlich das böhmiſche gehört. Ob Glas gut iſolirt, zeigt ſich gleich, wenn man an demſelben mittelſt feiner leinener Fäden Hollundermarkkügelchen aufhängt, und ihnen Elektricität mittheilt oder ein ſchon gut iſolirtes Elektrometer ableitend damit berührt.

Außerdem aber, daß einige Glasarten leiten, ſind ſie alle, wenn auch ungleich ſtark, hygroſkopiſch; ſie werden auf ihrer Oberfläche gern feucht. Darum zieht man, wo thunlich, maſſive Glasſäulen den Röhren vor. Gegen dieſen Uebelſtand hilft auf einige Zeit das Erwärmen und das Abreiben mit warmen Tüchern; dauerhaft aber hilft das Ueberziehen mit Schellackauflöſung oder Siegellack. Wird Schellack genommen, ſo darf der Ueberzug nur dünn ſein und das Glas muß vorher erwärmt werden, gerade ſo, wie man beim Firniſſen der Metalle verfährt; Siegellackauflöſung aber wird ſo oft aufgetragen, bis ſie einen undurchſichtigen, gleichförmig rothen Ueberzug bildet; man darf dabei immer nur wenig auf einmal auftragen. Das Ueberziehen mit Siegellack iſt wirkſamer, wenn auch die Apparate dadurch an ſchönem Ausſehen verlieren.

§. 102. **Guttapercha** iſt ebenfalls ein für elektriſche Verſuche ſehr brauchbares Material; man bekommt ſie in papierdünnem Zuſtande, in Schnüren und überhaupt in jeder Form. Friſch in warmem Waſſer durchgeknetet und getrocknet iſolirt ſie

vortrefflich, und wird durch Reiben mit Wolle negativ elektrisch. Leider verliert sie an der Luft diese Eigenschaften mit der Zeit mehr oder weniger und wird selbst brüchig, so daß sie für derartige Versuche weniger Werth hat, als man anfänglich glaubte. Zum Isoliren von Leitungsdrähten ist Guttapercha sehr zweckmäßig und man bekommt damit überzogene Drähte im Handel, weil sie an allen Telegraphenstationen gebraucht werden. Vorzügliche elektrische Eigenschaften besitzt auch das gehärtete Kautschuk, so daß viele daraus verfertigte Kämme beim Gebrauche reichliche Funken hervorrufen. Wenn man sich in der Nähe einer solchen Fabrik befindet, ist es leicht, das, was man etwa davon bedarf, zu erhalten. Im heißen Zustande kann man diese Masse in eine beliebige Form biegen.

§. 103. **Das Amalgam.** Kienmayer'sches Amalgam besteht aus 1 Zinn, 1 Zink, 2 Quecksilber, während Andere 2 Zinn, 3 Zink und 4 Quecksilber und wieder Andere noch einen Zusatz von Wismuth empfehlen. Man schmilzt zuerst das Zinn in einem eisernen Löffel und setzt dann stückweise das Zink zu. Zuletzt, während der Löffel schon vom Feuer genommen ist, setzt man unter beständigem Umrühren langsam das Quecksilber zu. Man kann indessen auch alle drei Theile direct zusammenbringen und erhitzen, bei mäßiger Hitze findet die Lösung statt. Unter fortwährendem Umrühren mit einem eisernen Stabe gießt man dann die Masse langsam in Wasser. Man erhält das Amalgam auf diese Weise gekörnt und kann es auf Papier mit einem Hammer fein reiben. Es wird getrocknet und in einem wohlverschlossenen Gefäße verwahrt. Frisch gepulvertes wirkt immer besser, denn es oxydirt sich mit der Zeit auf der Oberfläche und das Oxyd hindert seine Wirkung. In neuerer Zeit wurde folgendes Amalgam ganz besonders gerühmt: 1 Theil Zink wird geschmolzen und langsam 4 Theilen Quecksilber, welches bereits in eisernem oder steinernem Mörser erhitzt wurde, zugesetzt; das Amalgam wird mit erwärmtem Pistill bis zum Erkalten gerieben und hat butterartige Consistenz.

Wenn man Zinn und Zink in feinen Drehſpänen beſitzt, ſo kann man dieſelben ſelbſt kalt unter fleißigem Rühren in einem porzellanenen Mörſer langſam mit Queckſilber zuſammenreiben.

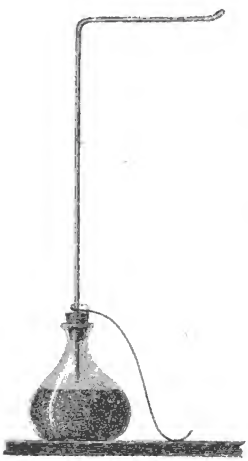
§. 104. **Ketten** ſind, wo thunlich, als Zwiſchenleiter zu vermeiden, weil durch ihre zahlloſen Ecken und Spitzen zu viel Elektricität verloren geht; beſſer ſind biegſame Meſſingdrähte von der Dicke eines Millimeters, die man geradezu an den betreffenden Stellen umbindet. Nur da, wo es ſich um Entladung von Leydener Flaſchen handelt, kann man ohne Nachtheil Ketten anwenden, um die äußere Belegung mit den Apparaten, durch welche die Entladung gehen ſoll, und dieſe mit dem Entlader zu verbinden. Ueberall aber, wo die Elektricität eine höhere Spannung annimmt, muß man Meſſingdrähte von 2 bis 3 Linien Durchmeſſer, deren Enden wohl abgerundet und zu weiten Haken umgebogen werden, anwenden. Die ganzen Haken werden dann mit der Feile eben gezogen, mit Bimsſtein und Smirgel geſchliffen und ſtark mit Schellack gefirnißt.

§. 105. **Fundamentalversuche.** Das Angezogenwerden leichter Körper und den Unterſchied zwiſchen Leiter und Nichtleiter, poſitiver und negativer Elektricität zeigt man am beſten mit Hollundermarkkügelchen, wovon man einzelne und Paare an leinenen und ſeidenen Fäden befeſtigt, indem man dieſe geradezu mit einer Nadel durchführt, ſodann auf die Gegenſeite einen Knoten macht, und dieſen durch etwas ſtärkeres Anziehen, nachdem der Fadenreſt knapp abgeſchnitten iſt, in das Kügelchen hineinzieht. Die leinenen Fäden müſſen ſehr fein ſein, da ſie ſonſt durch das Gewicht der Kügelchen nicht geſtreckt werden; man nimmt dazu ſogenannten Spitzenfaden.

Als Geſtell zum Aufhängen dient ein etwas ſtarker rechtwinklig umgebogener Draht, den man durch einen Kork in ein unten etwas breites Glasgefäß ſteckt, welches zur Hälfte mit Sand oder Feilſpänen gefüllt iſt; — man hängt einen dünnen auf den Tiſch reichenden Draht an den dicken, um vollſtändige Ableitung zu erhalten, Fig. 107.

Braucht man ein isolirendes Gestell, so nimmt man statt des Drahtes eine ebenso gebogene Glasröhre. Die Fäden nimmt man 3 bis 5 Zoll lang.

Fig. 107.



Siegellack wird durch leichtes rasches Reiben mit einem wollenen Lappen sehr stark elektrisch; bei der hierzu bestimmten Glasröhre muß man gewöhnlich für den Anfang etwas länger reiben, bis die Wirkung eintritt, besonders wenn man dieselbe vorher nicht erwärmt. Das Reiben geschieht mit einem ledernen Lappen, den man ein wenig mit Fett eingerieben und dann mit gepulvertem Amalgam überzogen hat. Man nimmt dieses Leder in die eine Hand und umfaßt damit die Glasröhre, welche mittelst der anderen Hand durch das Leder hin- und hergezogen wird. Glas ist zu den Fundamentalversuchen, soweit dieses angeht, vorzuziehen.

Man kann auch eine fingerdicke, etwa 3 bis 4 Zoll lange Glasstange an einem Faden aufhängen, sie reiben und dann zeigen, daß sie von der anderen Glasstange abgestoßen, von der Siegellackstange aber angezogen wird. Man muß dabei durch Verrücken des Fadens die Stelle des Schwerpunktes des Glasstabes suchen und hier ringsum mit der Feile einen Strich machen, in welchen man dann den Faden einknüpft, damit er sich beim nachfolgenden Reiben nicht wieder verschiebt. Auf gleiche Weise kann man mit einer Siegellackstange verfahren, an der sich der Faden natürlich leichter befestigen läßt. Sind beide aufgehängte Stangen gerieben, so ziehen sie einander an. Am besten legt man bei diesem Versuche die geriebenen Glas- oder Siegellackstangen in ein zu einem Bügel zusammengebogenes zolllanges Stück Kartenpapier, welches an einem

der oben erwähnten Geſtelle entweder mittelſt eines feinen Drahtes oder eines anderen ungedrehten Fadens aufgehängt wird, z. B. mittelſt eines vielfachen Seidenfadens, wie die rohe Seide in den Handel kommt. Man darf aber der kleinen — kurzen — geriebenen Glasſtange, die man nie ſo recht kräftig reiben kann, keine übermäßig geriebene oder ſehr dicke Glasſtange oder Röhre nähern, ſonſt bekommt man immer oder faſt immer Anziehung.

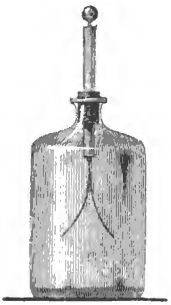
Wenn man in eine etwa 5 Linien weite Glasröhre einen ſpiralförmig aufgewundenen Draht, deſſen Windungen unter ſich 2 bis 3 Linien Abſtand haben und die Wände der Röhre berühren, hineinſteckt, deſſen oben herausragendes Ende in eine Metallkugel — angegoſſene Zinnkugel — endigt, ſo erhält man beim Reiben der Röhre aus der Kugel ziemlich ordentliche Funken. Die Glasröhre muß — als Handhabe — noch etwa 6 Zoll länger ſein als die Spirale.

Um zu zeigen, daß bei jedem Reiben beide Elektricitäten frei werden, kittet man am einfachſten eine etwa 2 Zoll breite einerſeits mit einem Leder beleimte Holzſcheibe an eine Siegellackſtange. Das Leder wird, wie gewöhnlich, amalgamirt und dann die Scheibe auf einer Glasſtange oder auch auf einer Glasſcheibe gerieben. Beide werden dadurch elektriſch, und zwar entgegengeſetzt, was ihre Wirkung auf bereits elektriſch gemachte Hollundermarkkügelchen oder irgend ein anderes Elektroſkop zeigt.

§. 106. Das **Strohhalmelektrometer** und das **Goldblattelektrometer.** Beide werden am einfachſten aus einem Glaſe mit engem Halſe gemacht, Fig. 108. Die Glasröhre, welche den leitenden Draht enthält, muß gut iſoliren und wird dann durch einen Kork geſteckt. Gut iſt es, wenn von den Seiten Stanniolſtreifen innerhalb des Glaſes bis über die Oeffnung heraufgehen, um die anſchlagenden Blättchen zu entladen, auch wird dadurch der Apparat empfindlicher. Gut iſt es immer, wenn die Glasröhre und der obere Theil der Flaſche ſtark mit Siegellack gefirnißt werden. Auch Stückchen von Binſenmark können ſtatt der Gold-

blättchen oder der Strohhalme gebraucht werden; sie sind weniger empfindlich als Goldblättchen und empfindlicher als Strohhalme; sie werden aber, wie letztere, an feine Drahthäckchen aufgehängt, wozu das Ende des Leitungsdrahtes zwei Löcher haben muß. Wenn durch Herausnehmen des Korks das Glas bereits elektrisch geworden ist, so wird man Goldblättchen — wenn sie aus Buchbindergold sind — schwerlich hineinbringen, weil sie stets vom Halse des Glases angezogen werden; man muß dann warten, bis dieses sich wieder gegeben hat. Wollte man die Elektricität in diesem Falle dadurch wegschaffen, daß man die innere Seite des Halses über die Flamme einer Weingeistlampe hält, so würde man Feuchtigkeit in das Glas bringen. Die Goldstreifen selber läßt man vom Buchbinder schneiden und an das keilförmige Ende des Leitungsdrahtes ankleben, sie werden wie die Strohhalme $1\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll lang und 1 bis 2 Linien breit genommen. Etwas stärkeres Gold ist wohl für die meisten Fälle wünschenswerth, und darum Zwischgold (aus Gold- und Silberplatten) zu empfehlen.

Fig. 108.

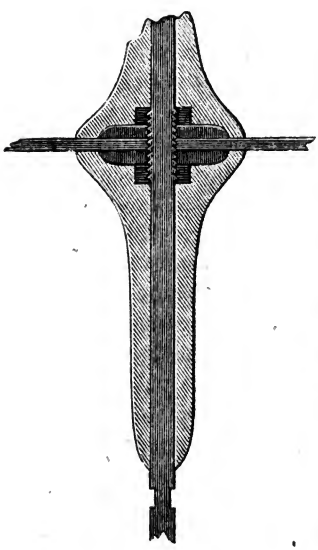


§. 107. **Ladung der Elektrometer.** Will man einem Goldblatt- oder einem Strohhalmelektrometer eine Ladung mittheilen, um dann die Einwirkung eines genäherten Körpers zu beurtheilen, so geschieht dieses immer am besten durch Vertheilung. Man berührt den Knopf des Elektrometers ableitend, während man die geriebene Glas- oder Siegellackstange nähert, und entfernt den Finger wieder, bevor der elektrische Körper entfernt wird. Durch wirkliche Berührung Elektricität mitzutheilen, geht meistens nicht gut. Ist der Körper stark elektrisch, so wirkt er oft in der Entfernung schon zu stark auf das Elektrometer, und ist er nur schwach elektrisch, so giebt er als schlechter Leiter einem Knopfe beinahe keine Elektricität ab.

§. 108. **Die Elektrisirmaschine.** Als solche wird für die hier in Betracht kommenden Verhältnisse wohl immer nur die früher §. 105 erwähnte Glasröhre mit innerer Drahtspirale dienen müssen. Dieselbe wird auf die bereits angegebene Art gerieben und die von der Kugel erhaltenen Funken können nun dienen, um eine kleine Leydener Flasche zu laden. Wenn nun auch von Anschaffung oder vom Selbstbau einer solchen Maschine hier keine Rede sein kann, so kann es doch vorkommen, daß die Schule eine solche geschenkt erhält, die dann freilich meist in schlechtem Zustande ist, und es mögen daher hier wohl einige Bemerkungen Platz finden, die etwa zur Verbesserung derselben beitragen können.

a. Der Reiber. Ist derselbe eine Glasscheibe, so muß sie um die Axe herum bis nahe an die Reibzeuge mit Siegellacklösung dick überzogen werden. Ist die Axe von Eisen, so steckt man hölzerne Hülsen, wie in Fig. 109, darüber, welche aus gut getrocknetem Holze gemacht und mit heißem Leinölfirniß bestrichen oder mit Siegellacklösung gefirnißt werden. An die Scheibe werden sie gleichfalls mittelst Siegellacklösung angekittet, was ziemlich leicht geht, wenn sie und die Scheibe vorher mit derselben Lösung gefirnißt sind.

Fig. 109.



Alle anhängenden Unreinigkeiten müssen von der Scheibe entfernt werden, nöthigenfalls mittelst eines Lappens und Weingeist.

b. Die Reibzeuge. Dieselben müssen stets von altem Amalgam mittelst eines stum-

pfen Messers gereinigt werden, ehe man neues nach §. 105 aufträgt. Man muß darauf sehen, daß sie mit ihrer ganzen Fläche am Glase anliegen. Ist die Polsterung schlecht, so nimmt man dieselbe hinweg, belegt das Brettchen mit einer doppelten Flanellage und spannt wieder sämischgares Kalbleder darüber, wobei die Fleischseite nach außen gerichtet wird. Wenn die Wirkung der Maschine nachläßt, so genügt es zur Wiederherstellung sehr oft, wenn man nur die Reibzeuge aneinander abreibt.

Eine bedeutende Verbesserung wird durch Wachstuchflügel erreicht, welche man an den Reibzeugen auf der Seite, wo sich das Glas von ihnen entfernt, anbringt und sie bis zum Conductor reichen läßt. Steht die Maschine still, so befestigt man diese Flügel mittelst hölzerner federnder Klammern an die Scheibe. Auf der Rückseite müssen die Reibzeuge mit Staniol oder Silberpapier belegt und gut abgeleitet sein. Die Reibzeuge müssen zwar fest an dem Reiber liegen, dürfen aber nie so fest angedrückt werden, daß dadurch die Umdrehung wesentlich erschwert wird.

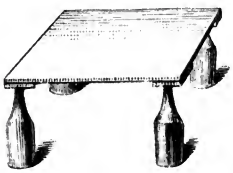
c. Der Conductor. Die Saugvorrichtung muß gegen den Reiber mit feinen kurzen Spitzen besetzt sein und darf, wie der ganze Conductor, sonst, keine hervorragenden Ecken haben. Man überzieht die Saugvorrichtung auf der vom Reiber abgewendeten Seite dick mit Siegellackauflösung oder überkleidet sie mit Holz, welches noch gefirnißt wird. Die Glassäulen, welche den Conductor tragen, überzieht man ebenfalls mit Siegellack, und wenn man beim Versuche im Dunkeln ein Abstrahlen der Elektricität von den unteren Theilen des Conductors längs den Glasfüßen bemerkt, so kann man da, wo die Glasfüße in den Conductor eingesetzt sind, einen Wulst von Siegellack herumlegen.

Beim Gebrauche ist es am besten, wenn man die Maschine in die Nähe eines geheizten Ofens bringt, sowie denn überhaupt elektrische Versuche bei trockener Kälte im geheizten Zimmer am besten gelingen. Versuche in der Schule müssen bei vollen Classen zu Anfang des Unterrichts gemacht werden, weil sonst die Luft durch die Ausdünstung der vielen Menschen zu feucht wird. Wird

die Maſchine nicht gebraucht, ſo bedeckt man dieſelbe mit einem Stücke irgend eines Zeuges.

§. 109. **Der Isolirschemel.** Man verfertigt denſelben aus einem $1\frac{1}{2}$ bis 2 Quadratfuß großen und 1 Zoll dicken Brette, deſſen Ecken und Kanten wohl abgerundet werden, und das auf ſeinen vier Ecken noch eine Verdoppelung erhält. Die gläſernen Stützen müſſen etwa 1 Fuß hoch und dürfen nicht wohl unter 1 Zoll dick ſein. Solche Füße kommen ſchon etwas theurer und können ganz einfach durch vier Champagnerflaſchen, zu 6 Kr. das Stück, erſetzt werden, die man, wie Fig. 110 zeigt, in die Verdoppelung einläßt und dort mit geringem Siegellack — Packſiegellack — feſt kittet.

Fig. 110.



§. 110. Die folgenden Verſuche können, wenn man keine Elektriſirmaſchine beſitzt, auch in der Art angeſtellt werden, daß man den Knopf einer geladenen Leydener Flaſche ſtatt des Conductors benutzt.

1) Die elektriſche Spinne. An einem langen Seidenfaden hängt man eine Korkkugel, allenfalls auch mit ein paar ſpinnenfußartigen Anſätzen, dem Conductor gegenüber auf; auf die entgegengeſetzte Seite hält man die flache Hand oder eine Metallplatte. Die Kugel wird anfangs vom Conductor angezogen, dann gegen die Hand abgeſtoßen, wieder angezogen u. ſ. w.

2) Das elektriſche Glockenſpiel. Am einfachſten erhält man ein ſolches aus zwei Uhrglocken, in deren Aufſteckl̈öcher man Holzpfröpfe paßt; durch dieſe Pfröpfchen ſteckt man einen Draht, der unten und oben knapp am Holze zum Ringe umgebogen wird,

Fig. 111.

Fig. 111. Zwei ſolche Glocken werden an einem wie in Fig. 112 gebogenen ſtarken Drahte *abc* aufgehängt, die eine an Seide, die andere an einem dünnen Drahte; zwi-

schen beiden hängt an Seide ein metallener kleiner Klöpfel, wie er sich aus jedem dickköpfigen Nagel machen läßt; die an Seide auf-

Fig. 112.

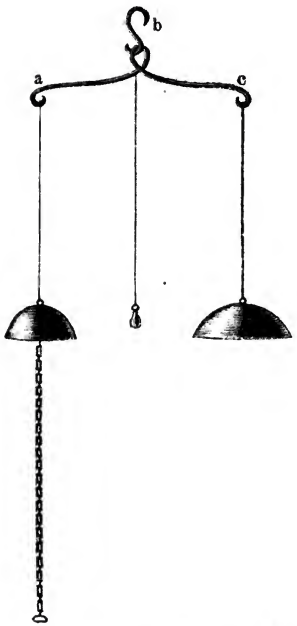
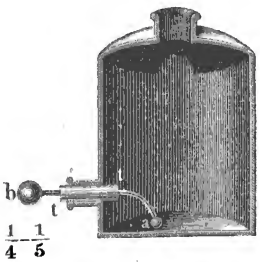


Fig. 113.



$\frac{1}{4}$ $\frac{1}{5}$

gehängte Glocke bekommt eine Ableitung auf den Boden, und das Ganze wird durch den Haken bei *b* geradezu an den Conductor gehängt.

Wenn man keine Elektrisirmaschine hat, hängt man den Haken *b* an ein isolirendes Gestell, wie Fig. 107, und berührt den Bügel mit dem Knopfe einer geladenen Leydener Flasche, die man in der Hand hält.

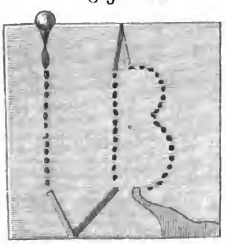
3) Entzündung von Knallgas. Man nimmt hierzu ein Gefäß aus starkem Blech, wie Fig. 113, welches unten ein Röhrchen hat, damit man die Glasröhre *tt*, welche den Draht *ab* enthält, daselbst einbringen kann. Der Draht, welcher statt mit Knöpfen auch nur mit Ringen versehen sein kann, wird zuerst in die Glasröhre mittelst Siegellack eingekittet, dann die Röhre mit Fäden von passender Dicke umwickelt und in das Blechröhrchen gesteckt. Die Biegung des Drahtes muß so stark sein, daß er den Boden des Gefäßes wirklich erreicht; die Glasröhre wird dann so gedreht, daß zwischen dem innern Ringe und dem Boden auch kleine Funken

noch überſchlagen, was man in dem dunkeln Raume leicht ſieht; der kleinſte Funken entzündet Knallgas.

Um nun den Verſuch zu machen, füllt man das Gefäß mit Erbſen oder dergleichen und eine Flaſche mit Knallgas oder ein Gemenge von atmoſphäriſcher Luft und Waſſerſtoffgas (2 Thle. Waſſerſtoff auf 5 Thle. Luft); ſowie man die Flaſche mit Gas — die Oeffnung nach unten — aus dem Sperrwaſſer zieht, ſetzt man das Metallgefäß daran, kehrt beide um, ſchüttelt die Erbſen in die Flaſche und verſtopft die Oeffnung des Metallgefäßes — der ſogenannten elektriſchen Piſtole — raſch mit einem bereit gehaltenen Korkſtöpſel. Man ſchlägt nun eine Kette um das Gefäß, faßt das Ende derſelben mit dem äußern Belege einer Leydener Flaſche zuſammen und berührt mit dem Knopfe derſelben den Knopf *b*. Wenn man das Gefäß nicht größer macht, als Fig 113 angiebt, ſo reicht ſtarkes Weißblech aus, um der Exploſion zu widerſtehen; den Pfropf ſteckt man ohnedies nicht feſter ein, als zum Verſchluß nöthig iſt, und wählt darum einen guten und gut paſſenden Pfropf aus.

4) Der leuchtende Name. Auf eine Glastafel ſetzt man mittelſt eines Einſchnittes eine kleine hölzerne mit Stanniol überzogene Kugel und von ihr aus rautenförmige Stückchen Stanniol in einem beliebigen Namenszuge, oder in einer anderen beliebigen Figur. Soll an einer Stelle kein Leuchten ſtattfinden, ſo wird hier ein ganzer Stanniolſtreifen aufgeklebt; einen ähnlichen Streifen führt man von dem Ende der Figur an das dem Knopfe gegenüberliegende Ende der Tafel, wo ſie mit der Hand gehalten wird. Da aber der Funken auf der Tafel ſelbſt ziemlich große Zwiſchenräume überſpringt, um auf dem kürzeſten Wege zur Hand zu gelangen, ſo muß man eine weitzügige Figur wählen und einen Theil der Leitung auf der unteren Fläche des Glaſes anbringen. Fig. 114 zeigt ein Muſter einer ſolchen

Fig. 114.



Tafel, bei welcher die stark schattirten Theile auf der unteren Fläche angebracht sind. Beim Gebrauche hält man die Tafel an dem Ende der Leitung und läßt vom Conductor der Elektrisirmaschine kleine Funken auf die Kugel überspringen.

§. 111. **Die Leydener Flasche** *). Man wählt zur Herstellung derselben ein Gefäß aus grünem Glase, dessen Größe sich nach der Stärke der Elektrisirmaschine richtet. Hat man keine solche, sondern nur die schon öfter erwähnte Glasröhre, so ist ein Gefäß, welches etwa 6 Unzen oder 200 Gramm Wasser faßt, groß genug. Die Form der gewöhnlichen Medicingläser ist nicht besonders bequem, weil man dann die innere Belegung nicht anbringen kann und statt derselben das Glas mit Feilspänen füllen muß. Am zweckmäßigsten ist die Form der sogenannten Zuckergläser oder der Pulvergläser. Bei Flaschen, welche $^1/_2$ Liter oder mehr fassen, wählt man immer die Form der Zuckergläser; auch Kölnischwassergläser können für kleine Flaschen gut verwendet werden, sowie als Glassäulen u. dgl. Man kann allerdings auch weißes Glas verwenden, es muß aber jedesmal auf seine Isolirfähigkeit vorher geprüft werden.

Aeußerlich und, wenn die Weite es erlaubt, auch innerhalb wird das gewählte Glas mit unechtem Silberpapier oder besser mit Staniol überzogen. In letzterem Falle muß aber der Kleister dünn genommen werden. Der Rand des Glases bleibt etwa $^1/_2$ bis $1^1/_2$ Zoll breit beiderseits frei. Die erforderliche Zuleitung zur inneren Belegung oder zu den Feilspänen wird durch einen Draht bewirkt, an welchem eine Zinnkugel angegossen ist; er wird durch den aufgekitteten Deckel oder den Kork gesteckt. Ist die Flasche

*) Die Versuche zur Erläuterung der Lehre von der gebundenen Elektricität und der Leydener Flasche werden hier übergangen, da es bei der hier berücksichtigten Ausdehnung des Unterrichts wohl nicht angehen wird, diese Lehre vorzutragen, wenn auch einzelne Versuche mit der Leydener Flasche dennoch gemacht werden.

innen mit Staniol oder Silberpapier überzogen, so muß dieser Draht zur Schonung des Ueberzugs in eine Kette endigen.

§. 112. **Der Auslader.** Der einfachste Auslader wird erhalten, wenn man an einen starken Messingdraht ($^1/_2$ Linie etwa dick) von 6 Zoll Länge eine Kugel von Blei oder Zinn angießt, dann denselben mittelst Kork in eine starke Glasröhre befestigt und das freie Ende zum Ringe umbiegt; in diesen Ring hängt man dann eine Kette, wie man sie für Uhrgewichte beinahe um den Preis des dazu erforderlichen Drahtes überall im Eisenladen findet. Fig. 115.

Fig. 115.

§. 113. Beim Laden der kleinen Flaschen faßt man dieselben mit der Hand am äußern Belege und nähert den Knopf des einen Belegs dem Conductor bis auf kleine Entfernung; man läßt die Funken so lange überschlagen, als die Flasche solche annimmt. Hat man nur die §. 105 erwähnte Glasröhre als Elektrisirmaschine, so stellt man die Flasche auf den Tisch und läßt die Funken vom Knopfe der Röhre auf den Knopf der Flasche schlagen, so lange sie solche annimmt.

Will man einmal eine Flasche negativ laden, so faßt man sie am Knopfe und läßt die Funken vom Conductor auf die äußere Belegung übergehen; ist die Flasche geladen, so wird sie auf eine Glasplatte gesetzt und dann am äußern Belege gefaßt. Beim Laden mit der Glasröhre setzt man dieselbe sogleich auf die wohl abgetrocknete Glasplatte und leitet die innere Belegung durch einen angehängten Draht über die Glasplatte hinaus ab. Dieser Draht muß vorher entfernt werden, ehe man die Flasche am äußeren Belege faßt.

§. 114. **Versuche mit der Flasche.** Außer den bereits oben §. 110 2. 3. angeführten Versuchen wird man sich bei den hier vorausgesetzten schwachen Erregungsmitteln wohl mit folgenden zwei begnügen müssen.

1) Elektrische Erschütterung. Man giebt einer Person eine Kette in die Hand, faßt das andere Ende der Kette mit dem äußern Belege der Flasche zusammen, läßt die Person mit der andern Hand eine Faust machen und berührt einen hervorragenden Knöchel mit dem Knopfe der innern Belegung. Wenn man mehreren Personen zugleich die Erschütterung mittheilen will (für 2 bis 3 geht es auch bei ganz schwachen Mitteln), so läßt man dieselben sich an den Händen so fassen, daß sie eine ununterbrochene Leitung bilden; von den äußersten Personen erhält die eine das Ende der Kette und die andere empfängt den Schlag auf dem Knöchel.

2) Papierdurchbohren. Man legt auf die äußere Belegung ein Stückchen Papier, je nach der Stärke der Ladung bis zur Dicke einer Spielkarte — geradezu eine solche — hält mit der einen Hand das Ende der Kette auf das Papier, faßt mit der andern den Entlader an der Glasröhre und berührt mit dem Knopfe desselben den Knopf der Flasche.

§. 115. **Der Elektrophor.** Der Elektrophor wird gewöhnlich selbst angefertigt, und man verfährt dabei auf folgende Weise. Die Form wird entweder von Holz oder von Blech gemacht; im ersteren Falle wird um ein wohl abgerundetes und getrocknetes Brett von festem Holze (etwa $^1/_2$ Zoll dick) eine hölzerne Zarge genagelt, welche den Boden um 2 bis 3 Linien (6 bis 9 Millimeter) überragt, und hierauf das Ganze mit unechtem Goldpapier oder Staniol allseitig überzogen. Blecherne Formen sind viel leichter Verbiegungen ausgesetzt als hölzerne und dehnen sich auch durch die Wärme mehr aus, wodurch der Kuchen bald Risse nach allen Richtungen erhält. Holz leidet besonders von der Feuchtigkeit, namentlich in der Richtung senkrecht zu den Fasern, dagegen kann man dasselbe aber größtentheils schützen durch gehöriges Ausdörren und Bestreichen mit heißem Oelfirniß; es wirft sich wohl bei dieser Behandlung etwas, wird aber dann nochmals mit dem Hobel gerichtet und wieder gefirnißt.

Die Harzmasse besteht hauptsächlich aus Schellack, dem man

Terpentin und Wachs, Harz, Colophonium ꝛc. beisetzen soll. Allein, wenn man einerseits billig in Zweifel ziehen kann, ob denn wohl je die verschiedenen in den Schriften über Elektricität angegebenen Mischungsverhältnisse wirklich ein Ergebniß vielfältiger Erfahrungen seien, so sind andererseits auch die Ingredienzien in sich widersprechend. Was sollen wohl Harz, Colophonium und Terpentin zugleich nützen, da doch Colophonium nur der von seinem Terpentinöl befreite Terpentin und dazu noch eine sehr spröde Substanz ist? Ohne Zweifel ist Schellack an sich die geeignetste Substanz, und sie bedarf daher nur eines Zusatzes, um sie weniger spröde zu machen. Dieser Zweck wird vollkommen erreicht durch eine Mischung von 5 Schellack, 1 Terpentin und 1 Wachs, und würde wahrscheinlich auch erreicht werden durch 5 Schellack und 1 Wachs, oder 5 bis 10 Schellack und 1 Terpentin. Gewiß ist, daß das obige Verhältniß eine gehörig feste, nicht spröde und sehr elektrische Masse giebt, ohne daß deswegen behauptet werden soll, sie sei die beste.

Zu dem Schmelzen nimmt man ein neues irdenes Geschirr oder auch eine messingene Pfanne, und setzt zuerst die leichtflüssigeren Bestandtheile, Terpentin und Wachs, über mäßigem, ringsum gleichem Feuer in Fluß; erst dann setzt man nach und nach unter Verstärkung des Feuers und fleißigem Umrühren das Schellack zu, wobei man immer erst abwartet, bis das schon Zugesetzte wenigstens breiig weich geworden ist. Setzt man nämlich das Schellack zu schnell der Hitze aus, so verwandelt es sich leicht in eine fernerhin fast unschmelzbare Masse.

Vor dem Gusse muß die Form gehörig eben gestellt und etwas erwärmt werden, damit die Masse nicht zu schnell erkaltet. Die Form wird eben voll gegossen. Blasen werden dabei auf der Oberfläche nicht leicht vermieden, allein sie finden sich doch meist nur am Rande herum und werden dadurch unschädlich gemacht, daß man durch ein darüber gehaltenes glühendes Eisen dieselben schmilzt, wodurch ihr hervorstehender Theil verschwindet, und sie nur noch ein Grübchen mit nach innen abgerundetem Rande bilden. Solche Stellen schaden nur dadurch, daß sie zur Wirkung

des Elektrophors weniger beitragen, als wenn sie eine ebene Fläche bildeten. Statt die Blasen niederzuschmelzen, kann man dieselben auch mit einem scharfen Instrumente eben schneiden, was obige Masse sehr gut verträgt.

Solche Elektrophore bekommen wegen der ungleichen Ausdehnung der Form und der Masse sehr bald Risse, und zwar die hölzernen parallel mit den Holzfasern, blecherne nach allen Richtungen. So lange diese Risse nicht gar zu zahlreich sind, vermindern sie wohl die Wirkung, machen aber das Instrument nicht unbrauchbar. Wird indessen zuletzt die Wirkung zu schwach, so muß man die Masse umschmelzen, was durch ein etwas größeres glühendes Stück Eisen geschehen kann, welches in der Entfernung von etwa 1 Zoll über dem Kuchen herumgeführt wird. Ein zu einer Pflugschar bestimmtes Stück ist dazu sehr bequem. Sonst befestigt man auch ein Stück Eisenblech, das größer ist als die Form, in der gleichen Entfernung von 1 Zoll über dem Elektrophor und legt glühende Kohlen darauf; hierbei muß man sich aber namentlich vor der Asche hüten, welche die Fläche verunreinigt.

Bei dem Umschmelzen bilden sich häufig wieder frische Blasen, welche, wie schon angegeben, entfernt werden.

Diese Uebelstände lassen sich vermeiden, wenn man den Harzkuchen frei und ohne Form hat; beim Gebrauche wird er dann nur auf ein sehr ebenes Brett, das mit Stanniol überzogen ist, gelegt. Um solche Kuchen zu gießen, legt man nur eine Form mit Papier aus und gießt die Masse hinein. Beide Seiten derselben werden nachher mit Sand und Wasser auf einer Stein- oder Glasplatte eben geschliffen, wozu man zuletzt feineren Sand nimmt. Man kann dieselben, wenn man will, mittelst eines mit Filz bezogenen Brettchens mit Tripel und Wasser poliren, was aber für die Wirkung ganz unnöthig ist. Der Rand kann mit dem Messer und der Feile abgerundet werden. Die Blasen kann man hier wegschleifen, allein auch dieses ist überflüssige Arbeit, man nimmt die reinere Seite, welche beim Gusse unten war, beim Gebrauche als die obere. Nur dann, wenn man darauf sehen will, daß der

Elektrophor, selbst bei aufliegendem Deckel, seine Elektricität recht lange — viele Wochen lang — behalte, muß man auf vollkommenes Ebensein und möglichste Politur der Harzmasse hinarbeiten.

Bei der Aufbewahrung muß ein solcher Kuchen auf seinem Brette horizontal liegen bleiben, weil er sich in der Sommerwärme durch sein eigenes Gewicht biegen könnte.

Einen vorzüglichen Elektrophor ohne Form giebt eine Platte aus gehärtetem Kautschuk, die man sich leicht verschaffen kann, wenn man in der Nähe einer Fabrik wohnt, in der diese Masse verarbeitet wird, oder einen Freund daselbst hat.

Was die Größe des Elektrophors betrifft, so kommt es hier darauf an, ob man etwa eine Elektrisirmaschine besitzt oder nicht; im erstern Falle genügt ein Durchmesser von 3 Decimeter, im letztern Falle wird man 5 Decimeter nehmen. Man kann aus einem Kuchen von 1 Decimeter Durchmesser mittelst eines Deckels von 6 Centimetern Fünkchen von 1 Centimeter Länge erhalten.

Der Deckel des Elektrophors erhält einen um 2 bis 4 Zoll kleinern Durchmesser als der Kuchen. Er wird entweder aus einer wohl geebneten Metallplatte (dickes Zink ist am wohlfeilsten hierzu) gemacht, an welche ein aufwärts gekrümmter Rand gelöthet wird, oder aus einer hölzernen Scheibe von der Dicke eines halben Zolls, deren Rand wohl abgerundet und geglättet ist; das Holz muß gehörig trocken sein und wird mit Stanniol überzogen. Am einfachsten versieht man den Deckel mit drei seidenen Schnüren, um ihn isolirt von dem Kuchen abzuheben.

Um den Elektrophor elektrisch zu machen, peitscht man ihn mit einem Fuchsschwanze oder einem Katzenfelle, dessen vier Fußzipfel man in die Hand nimmt und es bei jedem Schlage über den Kuchen wegführt; im Winter müssen jedoch Pelz und Elektrophor vor dem Gebrauche erwärmt werden, sonst müht man sich vergeblich ab, denselben elektrisch zu machen. Ob der Kuchen hinlänglich elektrisch ist, erkennt man daran, wenn er gegen den Knöchel kleine Funken giebt. Der Deckel wird sowohl beim Aufsetzen als beim Abheben mit dem Kuchen parallel gehalten und nach dem Aufsetzen mit der

Hand berührt, wobei man einen kleinen Funken erhält. Berührt man aber Form und Deckel zugleich mit Daumen und Zeigefinger, so empfindet man einen elektrischen Schlag; Gleiches findet statt, wenn man den einen Finger an die Form setzt und mit dem anderen den Funken aus dem aufgehobenen Deckel empfängt.

Das Laden von Flaschen geht mit dem Elektrophor sehr langsam, wenn er auch leicht längere Funken giebt, weil jeder Funken nur wenig Elektricität liefert. Das Aufhängen des Deckels an seidenen Schnüren ist dabei besonders bequem, weil man dann mit derselben Hand, mit welcher man den Deckel aufgesetzt hat, denselben auch berühren und wieder senkrecht aufheben kann, während man mit der anderen Hand die Flasche dem Deckel nähert, um den Funken aufzunehmen.

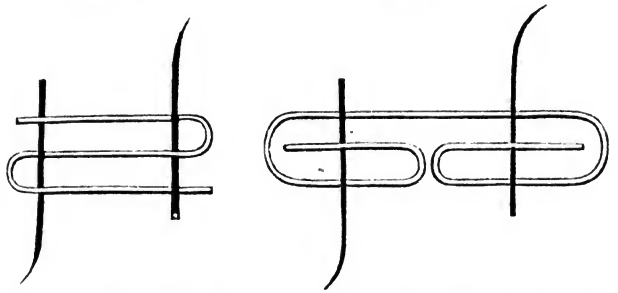
B. Berührungselektricität.

§. 116. Von diesem Theile der Naturlehre wird sich nur sehr Weniges für den Unterricht in der Volksschule eignen, und es dürfte wohl genügen, wenn hier die Erscheinungen des Elektromagnetismus und seine Anwendung auf Telegraphie erläutert werden. Allein dazu bedarf es einiger galvanischer Elemente, deren Herstellung zunächst zu besprechen ist.

§. 117. **Drahtklemmen.** Für die Vereinigung zweier Leitungsdrähte, wozu man in Ermangelung von Kupferdraht etwa auch Messingdraht verwenden kann, dienen die von Nörremberg angegebenen und in Fig. 116 und 117 (a. f. S.) in etwa $^1/_2$ der natürlichen Größe abgebildeten gebogenen Drahtstücke. Sie werden aus $1^1/_2$ bis 2 Millimeter dickem, hartgezogenem Messingdraht gebogen; noch besser ist der stets hartgezogene versilberte Kupferdraht. Nimmt man Messingdraht, so muß man denselben stets rein halten. Bekommt man keinen harten Draht im Laden und kann man sich nicht durch einen Gürtler oder Goldarbeiter ein Stück Messingdraht hart ziehen lassen, so kann man auch ein Stück von der erfor-

derlichen Länge hart hämmern, indem man daſſelbe auf harter Unterlage mit mäßigen Hammerſchlägen ſo lange bearbeitet, bis es

Fig. 116. Fig. 117.



die erforderliche Elaſticität erlangt hat. Die Enden der zu verbindenden Drähte müſſen vor dem Gebrauche jedesmal mittelſt der Feile gereinigt werden. Man kann zur Verbindung auch Queckſilbernäpfe anwenden. Man erhält dieſelben, indem man in quadratiſche Holzklötzchen von 1 bis 2 Zoll Seite und $^3/_4$ bis 1 Zoll Dicke Löcher von $^1/_4$ bis $^1/_2$ Zoll Weite bohrt — natürlich nicht durchbohrt. In die Löcher gießt man etwas Queckſilber und ſteckt die beiden gereinigten Drahtenden hinein.

§. 118. Die einfachſten galvaniſchen Elemente erhält man aus Kupfer- und Zinkplatten. Man läßt ſich die Kupferplatten vom Kupferſchmiede etwa 2 bis 3 Zoll breit und 4 bis 5 Zoll lang aus etwa 1 Millimeter dickem Bleche ſchneiden. Die Zinkbleche ſollten etwa die doppelte Dicke haben, werden aber von gleicher Größe genommen wie die Kupferbleche. Kann man übrigens kein ſolches Zinkblech erhalten, ſo muß man ſich mit dünnerem begnügen, es iſt nur bälder zerfreſſen und macht beim Amalgamiren doch dieſelbe Arbeit. An beide Platten läßt man kurze, einige Zoll lange Kupfer- oder Meſſingdrähte anlöthen. Zwiſchen beide Platten legt man vier Stückchen Holz, die etwa 2 bis 3 Linien dick ſind, und bindet beide Platten mittelſt Bindfaden auf einander, wie

in Figur 118. Beim Gebrauche werden sie in passende Gläser gestellt, in welche man etwa 10- bis 20mal verdünnte Schwefelsäure gießt. Nach dem Gebrauche nimmt man die Platten auseinander, spült sie ab und trocknet sie mit Fließpapier.

Fig. 118.

Beim Verdünnen der Schwefelsäure gießt man diese sehr langsam unter fleißigem Umrühren mit einem hölzernen oder gläsernen Stabe in das Wasser und nicht umgekehrt das Wasser in die Schwefelsäure.

Vor dem Gebrauche werden die Zinkplatten amalgamirt, weil man dadurch stärkere Wirkung erhält und die Platten weniger zerfressen werden.

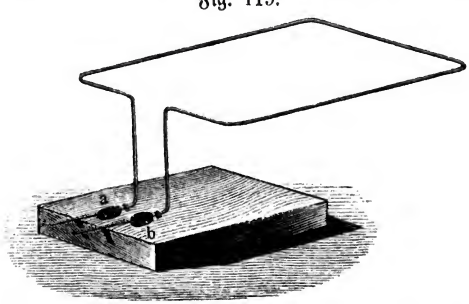
§. 119. **Das Amalgamiren des Zinks.** Wenn die Zinkplatten amalgamirt werden, so wird dadurch nicht nur die Wirkung jedes galvanischen Apparats erhöht, sondern auch der Verbrauch des Zinks bedeutend herabgesetzt. Das Amalgamiren neuer Zinkplatten geschieht einfach so, daß man in eine Tasse etwas verdünnte Schwefelsäure oder Salzsäure (auf die Hälfte etwa verdünnt) und Quecksilber nimmt, und die Säure nebst dem Quecksilber mittelst einer kleinen Bürste oder eines an einen Stiel gebundenen Läppchens auf dem Zinke ausbreitet. Wenn man schon einmal gebrauchte Zinkplatten frisch amalgamiren will, so braucht man sie nur in die gewöhnliche Ladungsflüssigkeit zu stellen und etwas Quecksilber dazu zu gießen, es breitet sich von selbst aus, oder man taucht dieselben zuerst in die Ladungsflüssigkeit, dann mit dem unteren Rande in Quecksilber und stellt sie nachher verkehrt; nach einiger Zeit hat sich das Quecksilber von selbst ausgebreitet; doch ist es zweckmäßig, dieselben nun wieder in die Säure zu tauchen; zeigen sich hier (durch Aufbrausen) schadhafte Stellen, so hilft man durch Reiben nach. Neue Platten sind auf ihrer Oberfläche immer etwas schmutzig, darum kann man sie nicht ebenso behandeln, oder es

dauert wenigſtens ziemlich lange, bis ſie amalgamirt ſind. Wenn die Platten eine Zeit lang ungebraucht ſtehen, ſo zieht ſich das Queckſilber in Tröpfchen zuſammen; es breitet ſich aber ſogleich wieder aus, wenn die Platten in die Ladungsflüſſigkeit kommen. Bei ſolchen Elementen, wo das Zink in einer geſonderten Zelle ſteht, muß Queckſilber, das einmal hierbei gebraucht wurde, hierfür beſonders aufbewahrt werden, da es zu anderen Zwecken nicht mehr wohl brauchbar iſt, außer noch zum Füllen der oben erwähnten Queckſilbernäpfe.

§. 120. Wenn man mehrere ſolcher Plattenpaare hat und will dieſelben zur Säule verbinden, ſo wird je das vorhergehende Zink mittelſt der angelötheten Drähte mit dem Kupfer des folgenden Paares verbunden; die übrig bleibenden Enddrähte bilden dann die Pole der Kette.

§. 121. Um die Ablenkung der Magnetnadel zu zeigen, bedient man ſich einer Magnetnadel, wie ſie bereits in §. 106 beſchrieben und abgebildet iſt; dazu kommt noch ein Brettchen, wie Fig. 119,

Fig. 119.



in deſſen beide Queckſilbernäpfe *a*, *b* die Enden eines, wie die Figur zeigt, gebogenen Drahtes feſt eingeſteckt werden, ſo daß das Viereck eine horizontale Lage erhält, worauf man zwei ſeiner Seiten in die Richtung des magnetiſchen Meridians rückt und die Magnetnadel an ihrem Faden darüber hält; man ſchließt nun die Kette, indem

man die von dem Elemente kommenden Drähte ebenfalls in die Quecksilbernäpfe eintaucht.

Eine besondere Isolirung solcher Leitungsdrähte ist nicht nothwendig, es genügt, wenn sie auf trockenem Holze liegen und einander nicht berühren.

§. 122. Einen kleinen Elektromagneten kann man sich billig auf folgende Weise herstellen. Man läßt sich ein Stück Rundeisen von etwa 5 Linien Durchmesser und 10 Zoll Länge vom Schmied oder Schlosser biegen, wie Fig. 120, und feilt die beiden Enden wohl eben; hierauf überzieht man es mit Lehm und macht es in den Holzkohlen eines Zimmerofens glühend, wenn man das Feuer ausgehen lassen will; man läßt dann das Eisen in den allmälig erlöschenden Kohlen erkalten. Der Lehm wird nun heruntergeputzt und die Enden werden wieder hell gefeilt. Hierauf nimmt man etwa 2 Millimeter dicken Kupfer- oder Messingdraht, der gut ausgeglüht und dann rasch in kaltem Wasser abgekühlt wird; diesen umwickelt man mit seidenen Bändern von etwa $^1/_2$ Zoll Breite, welche man aus Stücken alten Seidenzeugs schneidet und zusammennäht. Der Draht wird dann um das Eisen gewickelt, wie in Fig. 121, wobei man den Bogen frei läßt, aber die Windungen so fortsetzt, wie sie auf den anderen Schenkel kämen, wenn man auch den Bogen umwickelt hätte. Als Anker kann jedes auf einer Seite eben gefeilte Stück weichen Eisens, Fig. 122, dienen.

Fig. 120.

Fig. 121.

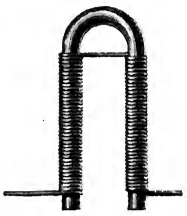


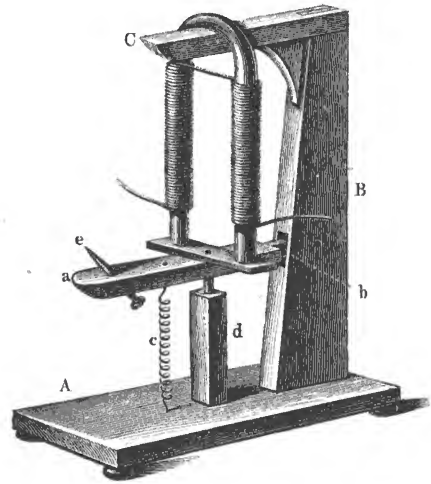
Fig. 122.

Will man wirklich Gewicht anhängen, so muß der Elektromagnet an einem Gestell aufgehängt werden und der Anker einen Haken haben. Sobald die Enden der Drähte mit dem galvanischen Elemente verbunden werden, wird das umwickelte Eisen stark magnetisch; sein

Magnetismus hört aber mit dem Strome wieder mehr oder weniger vollſtändig auf, je reiner und weicher das Eiſen iſt.

§. 123. Mit einem ſolchen Magnete kann man nun auch die Grundidee des Morſe'ſchen Telegraphen leicht erläutern. Man hängt nämlich denſelben an einem Geſtelle, wie *A B C*, Fig. 123,

Fig. 123.



auf und richtet einen darin leicht beweglichen Hebel *a b* aus Holz ſo, daß derſelbe in horizontaler Stellung nahe unter die Schenkel des Magnets reicht; gerade dieſen gegenüber befeſtigt man ein Plättchen aus weichem Eiſen auf dem Hebel *a b*. Dieſer Hebel wird durch eine ſchwache Spiralfeder *c*, die man ſich leicht aus Draht über einem dickeren Drahte wickeln kann, abwärts gezogen, aber durch eine in die Stütze *d* eingeſchraubte Holzſchraube verhindert, daß die Eiſenplatte ſich weiter als etwa 1 Linie von den Polen des Magnets entferne. Damit ſich dieſelbe aber auch nicht mit dieſen Polen in Berührung ſetzen kann, wird oben auf die Eiſen-

platte Papier geklebt. Eine Holzschraube *e* vertritt die Stelle des Schreibestiftes. Man führt nun das eine Drahtende des Elektromagnets mittelst eines einige Fuß langen Drahtes an die Batterie; die Verbindung des anderen Drahtendes mit der Batterie — es reicht übrigens ein einzelnes Element aus — unterbricht man durch einen Quecksilbernapf und schabt die einzutauchenden Enden der Drähte gehörig rein. So oft und so lange nun die Kette geschlossen wird, wird der Anker angezogen; sobald aber die Kette geöffnet wird, zieht die Feder den Hebel *a b* wieder vom Elektromagnet ab. Da man die Annäherung des Ankers an den Magnet vor dem Anziehen und während desselben mittelst der Dicke des aufgeklebten Papiers und der in *d* steckenden Holzschraube in seiner Gewalt hat, sowie die Stärke der abziehenden Spiralfeder, so wird es immer möglich sein, durch Veränderung dieser drei Factoren den Apparat zum Spielen zu bringen. Für ganz schwache Ströme könnte man auch statt eines einarmigen einen zweiarmigen Hebel anwenden, dessen Arme für sich allein im Gleichgewichte wären und dessen Drehpunkt auf einer zweiten vor der Spiralfeder anzubringenden Stütze angebracht würde.

Achter Abschnitt.

Versuche über die Wärme.

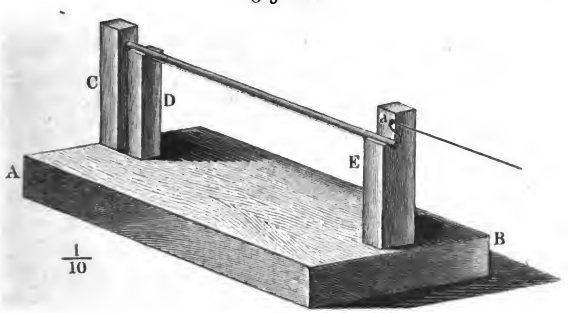
§. 124. **Das Thermometer.** Dieses Instrument muß gekauft werden, und man muß dabei, wenn es die Mittel erlauben, darauf sehen, ein solches zu bekommen, dessen Scala unter Glas ist, damit man dasselbe auch in Flüssigkeiten eintauchen kann, Fig. 124. Man wird sich wohl auch davon zu überzeugen suchen, ob seine Eintheilung richtig ist. Der Gefrierpunkt kann leicht untersucht werden, wenn man dasselbe in ein Glas mit schmelzendem Schnee so tief einsteckt, daß noch die ganze Queckſilbersäule in dem Schnee steckt. Schwieriger ist die Controlirung des Siedepunktes bei einem fertigen Thermometer und kann nur noch näherungsweise so vorgenommen werden, daß man dasselbe an einem Gestelle in ein langhalsiges Glasgefäß hängt, so daß die Kugel das im Gefäße befindliche Wasser beinahe berührt und der bezeichnete Siedepunkt an die Oeffnung des Gefäßes kommt. Man bringt dann das Wasser mittelst der Weingeistlampe in starkes Kochen und beobachtet den Stand der Queckſilbersäule. Ob die Eintheilung überall gleich sei, kann man mit dem

Fig. 124.

Zirkel untersuchen, man wird aber hierin nicht leicht Fehler finden. Die beobachteten Fehler der festen Punkte schreibt man auf einen kleinen Zettel, den man oben am Thermometer anklebt. Welche Eintheilung das Thermometer habe, ist gleichgültig, man wird aber nicht wohl andere als Reaumur'sche oder Celsius'sche zu kaufen bekommen.

§. 125. **Die Ausdehnung fester Körper durch die** Wärme läßt sich nur an Metallen gut zeigen. Die meisten hierfür brauchbaren Apparate erfordern jedoch mehr Mittel als hier vorausgesetzt werden können. Die Thatsache selbst wird man aber in folgender Weise zeigen können. Auf ein Brettchen AB, Fig. 125,

Fig. 125.



läßt man einen glatten vierkantigen Stab c und vor ihm einen zweiten etwas kürzern D ein; letzterer hat oben eine Rinne zur Aufnahme des Stabes, dessen Ausdehnung gezeigt werden soll. Das andere Ende des Stabes liegt auf der Stütze E ebenfalls in einer Rinne, der Metallstab selbst besteht aus einem etwa 4 bis 6 Millimeter dicken Eisendrahte, dessen Enden eben gefeilt sind und welcher, wenn er mit seinem einen Ende an AC anstößt, nur wenig über E hervorragt. An der Verlängerung von E hat ein aus Draht gebogener Winkelhebel bei a an einem Stifte seinen Drehpunkt; der

kurze Arm des Hebels liegt an dem freien Ende des Stabes an. Der Stab wird mittelſt der Weingeiſtlampe erhitzt.

§. 126. **Die Ausdehnung tropfbar flüssiger Körper** durch die Wärme zeigt man an einem Gefäße, in welches man, wie in Fig. 126, mittelſt eines gut ſchließenden Pfropfs eine beider-

Fig. 126.

Fig. 127.

ſeits offene Glasröhre geſteckt hat, nachdem das Gefäß mit Waſſer oder einer andern Flüſſigkeit gefüllt wurde. Man taucht das Gefäß dann in heißes Waſſer und kann das Steigen der Flüſſigkeit in der Röhre ſehr gut ſehen, beſonders wenn man dieſelbe vorher gefärbt hat. Noch einfacher geht die Sache freilich im Winter, wo man ein Glas mittelſt einer Unterlage zweier dünner Spänchen aus Holz auf den heißen Ofen ſetzen und daſſelbe mit Waſſer eben vollfüllen kann. Wenn das Waſſer warm wird, läuft daſſelbe über.

Giebt man der Röhre eine Form wie in Fig. 127 und nimmt ſie ſehr enge, ſo kann man auch die Ausdehnung der im Gefäße enthaltenen Luft zeigen, wenn man in den horizontalen Theil einen Tropfen Queckſilber bringt, deſſen Bewegung die Ausdehnung der Luft bei der geringſten Bewegung anzeigt. Um das Queckſilber in die Röhre zu bringen, erwärmt man das Gefäß vorher und taucht dann den horizontalen Theil der Röhre in Queckſilber, bis durch den Druck der äußern Luft beim Erkalten eine etwa 3 Linien lange Queckſilberſäule in die Röhre getrieben iſt. Man nimmt für die-

en Versuch ein ziemlich kleines Gefäß, das nur etwa 2 Loth Wasser assen kann.

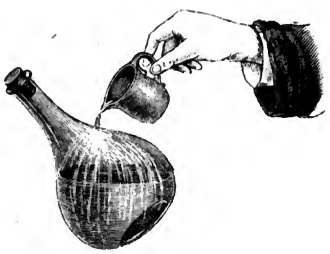
§. 127. **Latente Wärme des Wassers.** Man wiegt in in tarirtes Glasgefäß ein Pfund gestoßenes Eis oder besser Schnee, ießt sodann ein Pfund Wasser von 79° C. rasch hinzu und rührt s um; man erhält 2 Pfund Wasser von 0°. Soll der Versuch inigermaßen zutreffen, so muß auch die Temperatur des Zimmers 0° oder nicht viel von 0° verschieden sein. Besser ist es, man nimmt 2 bis 3 Pfund Wasser von etwa 40° bis 30° Wärme, weil dieses beim Umgießen weniger Wärme verliert. Wenn hierbei die Temperatur des Gemenges auch etwas über 0 bleibt, die Rechnung, wodurch man doch die Quantität der latent gewordenen Wärme bestimmen kann, ist ja einfach. Im Sommer wird aber der Versuch immer nur schlechte Resultate geben, des im gestoßenen Eise befindlichen Wassers wegen. Es ist zweckmäßig, im Sommer die Temperatur des Wassers so zu wählen, daß das Gemenge nachher die ungefähre Temperatur des Zimmers habe. Wenn aber auch die Zahlen bei diesem Versuche schlecht zutreffen, so ist er doch immer geeignet, das so wichtige Gesetz des Latentwerdens der Wärme anschaulich zu machen.

§. 128. **Kältemischungen.** Wenn man ungefähr 3 Theile gestoßenes Eis, oder besser Schnee, und 1 Theil Kochsalz mit einander mengt und das Gemenge dabei mit einem eisernen Löffel rasch durcharbeitet, so erhält man eine breiige Masse, deren Temperatur auch im Sommer auf — 10° bis — 12° sinkt. Noch größere Kälte, bis — 16°, erreicht man, wenn man das Kochsalz selbst vorher in Schnee oder Eis erkaltet und das Gefäß, in welchem die Mischung vorgenommen wird, selbst mit Eis oder Schnee umgiebt. Die Quantitäten dürfen bei solchen Versuchen überhaupt nicht zu klein sein; man muß jedenfalls ein Gemenge von 2 bis 3 Pfund anwenden.

§. 129. Die Abhängigkeit des Siedepunktes vom Luftdrucke kann man an einem sogenannten Pulshammer zeigen, den man

gelegenheitlich für wenige Groſchen kaufen kann. Derſelbe beſteht bekanntlich aus zwei durch eine Röhre verbundenen Glaskugeln, welche gefärbten Weingeiſt enthalten, aber im Uebrigen luftleer ſind. Umfaßt man die eine derſelben mit der Hand, ſo geht der Weingeiſt unter Aufſprudeln in die andere über. Solche Apparate kauft man natürlich erſt, wenn man andere Dinge vorher erworben hat. Man kann die Thatſache auch auf folgende Art zeigen. In einem Kochfläſchchen bringt man Waſſer zum Sieden und erhält es einige Minuten lang in lebhaftem Aufwallen; man nimmt

Fig. 128.



daſſelbe, indem man es mittelſt eines Tuches anfaßt, vom Feuer und verkorkt es raſch mit einem bereit gehaltenen gut paſſenden Korke. Das Waſſer hört ſogleich auf zu ſieden, wallt aber jedesmal wieder auf, wenn man auf den leeren Theil des Fläſchchens kaltes Waſſer aufgießt (Fig. 128).

§. 130. Zur Erläuterung der Dampfmaſchine macht man eine Zeichnung, wie Fig. 129, und biegt ſich dazu ein Blech, wie Fig. 130, um mittelſt deſſelben zu zeigen, wie der Dampf bald über, bald unter den Kolben geleitet und dem gebrauchten Dampfe ein Ausweg verſchafft wird. Die Zeichnung wird ſodann auf Pappe aufgezogen. Kann man mehr Arbeit auf dieſe Einrichtung verwenden, ſo verfährt man auf folgende Weiſe. Man biegt zuerſt einen etwa 1 bis $1\frac{1}{2}$ Linien dicken Eiſendraht, wie Fig. 131, ſo, daß er zwei rechtwinkelig zu einander ſtehende Kurbeln a — b erhält und außerdem noch eine, cd, deren Stellung gegen die beiden anderen gleichgültig iſt. Hierzu läßt man nun ein hölzernes Geſtell, wie Fig. 132, machen. Daſſelbe beſteht aus den beiden rechteckigen, etwa $\frac{1}{2}$ Zoll tiefen Abtheilungen A und B, wovon erſtere den Treibcylinder,

letztere aber den Schieberkaſten vorſtellt. Auf die zwiſchen beiden befindliche breite Scheidewand werden weiß in ſchwarz die Canäle

Fig. 129.

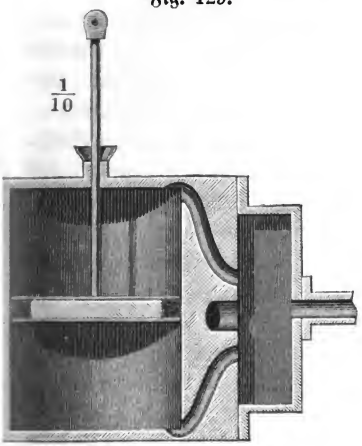


Fig. 132.

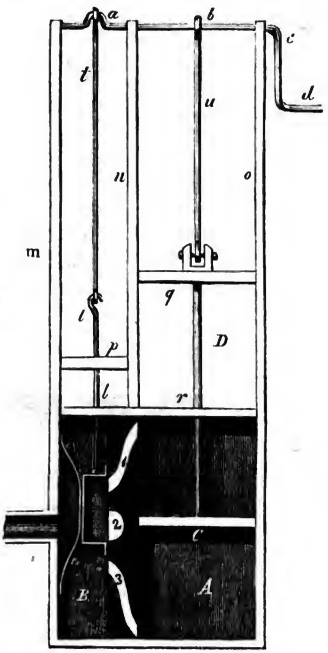


Fig. 131.

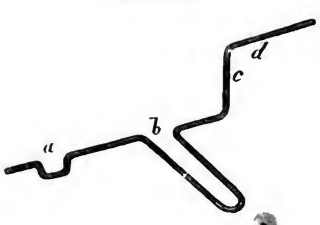
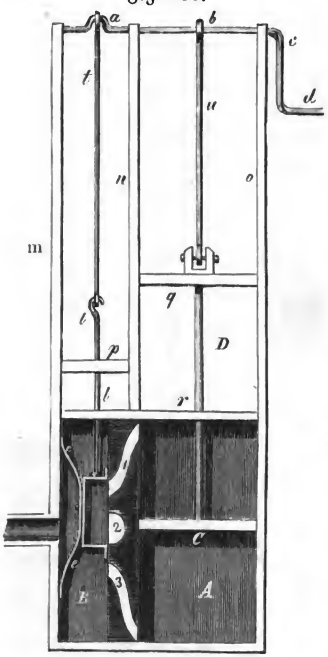


Fig. 130.

1, 2, 3 gezeichnet, welche vom Schieberkaſten zum Cylinder (1, 3) oder in die freie Luft, beziehungsweiſe zum Condenſator führen (2). Die Breite, mit der ſie ſich in dem Schieberkaſten öffnen, iſt gleich

der Länge der Kurbel *a*, und ebenſo breit macht man die Lappen des Schiebers, da hier von Expanſion u. dgl. keine Rede ſein kann.

Fig. 133.



Der Schieber wird aus einem Meſſingſtreifen oder auch aus Holz gemacht und dann gelb angeſtrichen, und durch eine gebogene, ſich an die äußere Wand des Schieberkaſtens ſtemmende, auf den Schieber genagelte leichte Feder *e e* gegen die Scheidewand zwiſchen dem Schieberkaſten und dem Cylinder gedrückt. Auf dieſen beiden Kaſten *A* und *B* befinden ſich drei Leiſten *m*, *n*, *o*, wovon *m* und *o* zugleich die äußeren Wände von *A* und *B* bilden; *n* und *o* ſind vom Kaſten *A* an ſo weit hinauf geſchlitzt, als der Kaſten *A* lang iſt; zwiſchen *m* und *n* befindet ſich aber feſt das Querſtück *p*, um der Schieberſtange *l l* als Führung zu dienen. Zwiſchen *n* und *o* wird noch vor der Zuſammenfügung das Querſtück, Figur 134, in den Schlitz eingeſetzt, welches ſich darin leicht verſchieben läßt. Der Kolben *C* beſteht aus einem Stückchen Holz, und die hölzerne Kolbenſtange *D* wird durch das Querſtück *q* und eine bei *r* befindliche Oeffnung in den Kolben *C* geſteckt und in *q* und in *C* verleimt. Zuletzt macht man die beiden Gelenkſtangen *t* und *u*, von denen letztere in der Zeichnung verkürzt erſcheint, weil ihre Kurbel horizontal

Fig. 134.

steht, aus starkem Drahte, und legt die Axe in Einschnitte der Leisten *m*, *n*, *o*, in welchen sie durch darüber eingeschlagene Drahtbügel gehalten wird. Die Schieberstange *l* wird aus Draht gemacht, unterhalb mit einer Schraube versehen, und der Schieber durch zwei Muttern so an der Stange befestigt, daß er bei horizontaler Stellung der Kurbel *a* auf der Mitte der Scheidewand zwischen *A* und *B* steht. Es ist am zweckmäßigsten, erst jetzt die Canäle 1, 2, 3 aufzuzeichnen und sich dabei nach der Bewegung, die der Schieber wirklich macht, zu richten. Eine kleine Röhre *x* stellt das Dampfrohr vor. Dreht man nun an der Kurbel *c d*, so machen der Kolben und der Schieber die entsprechenden Bewegungen, so daß man diesen wichtigsten Theil der Dampfmaschine vollständig erläutern kann.

Könnte man bei *a* statt einer Kurbel eine excentrische Scheibe anbringen, so hätte man auch Gelegenheit, diesen so viel gebrauchten Maschinentheil zu erläutern, wenn man nicht etwa an einem anderen Apparate eine solche hat. In diesem Falle könnte man dann die außerhalb des Schiebers befindliche Stütze der Axe weglassen und dafür die Axe etwas stärker nehmen. Daß man überhaupt ein solches Modell auch viel eleganter ausführen könne, als hier angegeben, versteht sich von selbst.

BRITISH
24JY74
MUSEUM

Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn in Braunschweig.

Die physikalische Technik

oder

Anleitung zur Anstellung von physikalischen Versuchen

und zur

Herstellung von physikalischen Apparaten mit möglichst einfachen Mitteln.

Von

Dr. J. Frick,

Grossherzoglich Badischem Oberschulrathe, Ritter des Zähringer Löwen-Ordens.

Dritte vermehrte und verbesserte Auflage.

Mit 908 in den Text eingedruckten Holzstichen.

gr. 8. Fein Velinpapier. geh. Preis 2 Thaler 25 Sgr.

Bei dem allerwärts anerkannten Grundsatze, dass der Unterricht in den Naturissenschaften überhaupt nur dann den gewünschten Erfolg haben könne, wenn rselbe auf Anschauung, auf das Experiment, gegründet wird, und bei der immer achsenden Theilnahme, deren sich insbesondere die Naturlehre nicht nur auf chulen, sondern im Leben überhaupt zu erfreuen hat, fand dieses Buch einen raschen Absatz, dass schon nach wenigen Jahren eine dritte Auflage nöthig urde. In dieser hat der Verfasser nicht nur seine eigenen in der Zwischenzeit sammelten Erfahrungen benützen können, sondern auch zahlreiche ihm zugekomene Mittheilungen von Freunden und Bekannten. Die Freunde und Lehrer der xperimentalphysik werden daher in dieser dritten Auflage nicht nur viele neue und reinfachte Apparate und Verfahrungsweisen, sondern auch manche elegantere und sammengesetztere Apparate finden, sowie zahlreiche, genaue Angaben von Verhrungsarten; selbst neueste Entdeckungen wurden berücksichtigt, wenn dieselben reits für den Unterricht in einfacher Weise verwendbar waren. Der Plan des uches wurde jedoch unverändert beibehalten und der Verfasser hat sich auch hier ieder die Aufgabe gestellt:

1. Mit Umgehung aller theoretischen Erörterung — für welche er auf die neuen nd besseren Lehrbücher der Physik, namentlich das Müller-Pouillet'sche Lehrch und den Müller'schen Grundriss der Physik (dessen neunte Auflage, vom ehrbuche die sechste Auflage, bereits erschienen ist), verweiset — Erläuterung der ersuche zu geben, welche beim Unterricht zur Bestätigung der erklärten Naturgesetze gemacht werden können, also keine Anleitung zu Versuchen, um die Wisnschaft der Physik als solche zu fördern; es sind sogar solche Versuche umngen worden, welche nur für einen sehr in's Einzelne gehenden höheren physikachen Unterricht geeignet sind.

2. Die für den Unterricht erforderlichen Apparate in möglichst einfacher und reckmässiger Einrichtung zu beschreiben, und die Vorsichten anzugeben, welche s sichere Gelingen der einzelnen Versuche bedingen, auch andererseits die Anisung zu geben, die meisten dieser Apparate mit möglichst geringen Kosten entder selbst anzufertigen, oder unter Beihülfe guter Handwerker anfertigen zu ssen. Letzteres erforderte, dass auch eine Anweisung zur Vollführung solcher nzelnen Arbeiten vorausgeschickt wurde, welche dem Experimentator überhaupt ier vorkommen, oder für welche man namentlich in kleineren Orten nur selten manden finden kann, wie z. B. für das Firnissen von Holz und Metall, das Bohn, Sprengen, Schleifen und Blasen des Glases u. dergl. Bei solchen Apparaten agegen, deren Herstellung vollkommenere technische Hülfsmittel und grössere Fer-

tigkeit erfordert, die man daher besser fertig vom Mechanikus bezieht, wurden die Grundsätze entwickelt, welche bei der Anschaffung leiten können, und die Vorsichten in Behandlung derselben angegeben, damit sie möglichst lange in brauchbarem Zustande erhalten und allenfallsige Fehler verbessert werden können. Für manche Versuche sind mehrere verschieden vollkommene Apparate beschrieben, so dass man je nach den besonderen Zwecken und Mitteln die Auswahl treffen kann.

Aufgaben aus der Physik

nebst ihren Auflösungen

und

einem Anhange, physikalische Tabellen enthaltend.

Zum Gebrauche für

Lehrer und Schüler in höheren Unterrichtsanstalten und besonders beim Selbstunterricht

bearbeitet von

Dr. C. Fliedner,

ordentlichem Hauptlehrer am Gymnasium zu Hanau, früher an der Realschule daselbst.

Dritte verbesserte und vermehrte Auflage.

gr. 8. Fein Velinpap. geh.

1. Abthlg.: Die Aufgaben und physikalischen Tabellen enthaltend.

Mit 55 in den Text eingedruckten Holzstichen. Preis 16 Sgr.

2. Abthlg.: Die Auflösungen enthaltend.

Mit 103 in den Text eingedruckten Holzstichen. Preis 24 Sgr.

Man ist heutiges Tages zu der Einsicht gelangt, dass der physikalische Unterricht sich nicht auf Vortrag und Experiment beschränken dürfe, sondern von Uebungen begleitet sein müsse, die das Gegebene und Entwickelte erst recht zum Eigenthum des Lernenden machen, dass er also ähnlicher Hülfsmittel bedürfe, wie sie der Sprach- und Mathematik-Unterricht in Uebungsbüchern und Aufgaben-Sammlungen schon lange besitzen. Der Mangel an solchen Hülfsmitteln hat den Verfasser des vorliegenden Buches zur Ausarbeitung desselben für den eigenen Gebrauch und später zur Herausgabe desselben bestimmt. Seitdem hat sich das Buch in die Methode des physikalischen Unterrichtes Bahn gebrochen, und liegt jetzt in der dritten verbesserten Auflage vor. Dadurch, sowie nicht minder durch die ausdrückliche Anerkennung bewährter Physiker und Schulmänner ist seine Brauchbarkeit festgestellt.

Die Aufgaben sind theils sachlich erklärender, mehrentheils aber calculativer und geometrisch-constructiver Art, da der Verfasser der Ansicht ist, dass der Unterricht in der Physik schon von vornherein soviel als möglich auf Zahl und Maass Rücksicht nehmen müsse. Die geometrische Construction hat hauptsächlich in der Optik Anwendung gefunden, und das Verständniss derselben wird durch die hier gegebenen Aufgaben nicht unwesentlich erleichtert.

Das Buch setzt seinem ganzen Inhalte nach die mathematischen Kenntnisse voraus, wie sie in der zweit-obersten Klasse eines Gymnasiums oder einer Realschule erlangt zu werden pflegen, ist indessen zum grösseren Theil auch für ein geringeres Maass von Kenntnissen brauchbar.

Für den Gebrauch in Schulen ist die Einrichtung getroffen, dass die erste Abtheilung, die Aufgaben und physikalischen Tabellen enthaltend, auch für sich allein bezogen werden können.

Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn in Braunschweig.

Grundriss der Physik und Meteorologie

Für

Lyceen, Gymnasien, Gewerbe- und Realschulen
sowie zum Selbstunterrichte,

von Dr. Joh. Müller,
Grossherzoglich Badischem Hofrath und Professor der Physik an der Universität zu Freiburg im Breisgau.

Neunte

vermehrte und verbesserte Auflage.

Mit 574 in den Text eingedruckten Holzstichen und einer Spectraltafel in Farbendruck.

gr. 8. Fein Velinpapier. geh. Preis 2 Thlr.

Müller's Lehrbuch der Physik hat in sechs sich rasch folgenden Auflagen, für den Unterricht auf höheren Lehranstalten und für das tiefere Selbststudium, so ungetheilten Beifall, so weite Verbreitung gefunden, dass der Herr Verfasser von vielen Seiten angegangen wurde, einen kürzeren Grundriss für den Gebrauch an Lyceen, Gymnasien, Gewerbe- und Realschulen, wie auch für den ersten Selbstunterricht, folgen zu lassen; dieser wird hiermit dem Publikum in neunter erweiterter und verbesserter Auflage übergeben.

Auch dieses Werk hat sich sehr bald der allgemeinsten Anerkennung und Verbreitung zu erfreuen gehabt, und zwar in und ausserhalb Deutschlands, denn es sind Uebersetzungen in englischer, schwedischer und russischer Sprache erschienen.

Der Herr Verfasser spricht sich über die Stellung seines Buches u. A. in folgender Weise aus:

„Der „Grundriss der Physik und Meteorologie" trägt die Grundgesetze der Naturlehre in möglichst allgemein verständlicher Form und in einer dem jetzigen Standpunkte der Wissenschaft entsprechenden Weise vor. — Soll der naturwissenschaftliche Unterricht den vollen Nutzen gewähren, welchen man von ihm zu verlangen berechtigt ist, so reicht es nicht hin, dass der Schüler die einzelnen Thatsachen und Gesetze kennen lerne; er muss auch in den Geist der inductiven Wissenschaften, der physikalischen Methode, eingeführt werden. Deshalb war es nöthig, die wichtigsten Gesetze nicht allein aufzuzählen und verständlich zu machen, sondern auch ihre Verknüpfung mit den entsprechenden Erscheinungen, ihre Ableitung aus denselben gründlich nachzuweisen. Dadurch aber, dass mit Ausschluss von Specialitäten die Fundamentalerscheinungen und die aus ihnen entwickelten Gesetze in dem Buche mit genügender Ausführlichkeit abgehandelt werden, suchte ich diesen Grundriss nicht allein dem Bedürfniss der genannten Lehranstalten anzupassen, sondern es auch möglich zu machen, dass er jüngeren Pharmaceuten, Forstmännern, Landwirthen, Gewerbetreibenden u. s. w. als ein Buch für den ersten Unterricht genügen könne.

Ausser den Forderungen einer wissenschaftlichen Methode habe ich auch vorzugsweise die praktischen Anwendungen physikalischer Kräfte berücksichtigt und namentlich den Dampfmaschinen, den elektrischen Telegraphen u. s. w. eine besondere Aufmerksamkeit gewidmet.

Dem Bedürfniss nach einer weiter gehenden mathematischen Entwickelung der physikalischen Gesetze dürfte wohl am zweckmässigsten durch den mathematischen Supplementband entsprochen werden, dessen zweite Auflage gleichzeitig mit der neunten Auflage des Grundrisses erscheint.

Eine wesentliche Bereicherung hat die neunte, wie auch bereits die achte Auflage des Grundrisses, namentlich durch einen Anhang erhalten, welcher eine Sammlung von physikalischen Aufgaben enthält."

Wir empfehlen das vortreffliche Werk den Schulbehörden und allen denen, welchen ein kurzer Ueberblick der Physik von Wichtigkeit ist.

Um dem Werke die weiteste Verbreitung anzubahnen und die Einführung in die Lehranstalten zu erleichtern, ist der Preis, trotz der grossen Anzahl (574) sorgsam ausgeführter Abbildungen und der nicht unbedeutenden Bereicherung des Inhaltes nicht höher als 2 Thlr. gestellt und ist jede Buchhandlung in den Stand gesetzt, auf 6 auf einmal bezogene Exemplare ein Frei-Exemplar zu liefern.

Mathematischer Supplementband

zum

Grundriss der Physik und Meteorologie.

Von Dr. Joh. Müller,

Grossherzoglich Badischem Hofrath, Professor der Physik an der Universität zu Freiburg im Breisgau.

Zweite vermehrte und verbesserte Auflage.

Mit 230 in den Text eingedruckten Holzstichen.

Mit einem Anhange, physikalische Aufgaben enthaltend.

gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 1 Thlr. 15 Sgr.

Nebst besonders gedruckten Auflösungen. Preis 15 Sgr.

Auflösungen

der

Aufgaben des Grundrisses

der

Physik und Meteorologie,

sowie des dazu gehörigen

mathematischen Supplementbandes

von Dr. Joh. Müller.

Zweite Auflage.

Mit in den Text eingedruckten Holzstichen.

gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 15 Sgr.

Physikalisches Repetitorium

oder

die wichtigsten Sätze der elementaren Physik.

Zum Zwecke erleichterter Wiederholung übersichtlich zusammengestellt

von

Dr. Ferdinand Bothe,

Director der Königl. Provinzial-Gewerbeschule in Saarbrücken.

gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 15 Sgr.

Bei der Herausgabe des vorliegenden Werkes hat sich der Verfasser bemüht, den gesammten Stoff der Physik, mit Ausschluss der eigentlichen Mechanik, in einer systematischen Folge scharf ausgesprochener Definitionen, Gesetze und Regeln wiederzugeben, und dem Schüler somit ein gewiss willkommenes Mittel zur Erleichterung der Repetition zu bieten. Nicht minder willkommen wird, so wagt er zu hoffen, das Buch dem Lehrer sein, da es, ohne der freien Bewegung des Vortrags im Mindesten Eintrag zu thun, eine Grundlage für denselben darstellt und das lästige Dictiren überflüssig macht.

Die Behandlung selbst ist, wenn gleich elementar, doch streng wissenschaftlich, und setzt nur an einigen Stellen die Kenntniss der ersten Sätze der ebenen Trigonometrie voraus.